GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES
DIRECTION GÉNÉRALE DES MINES

E.S.– 18

GÉOLOGIE DES GÎTES D'AMIANTE DU SUD-EST QUÉBÉCOIS

LEGISLATIVE LIBRARY OF ONTARIO
TORONTO
WITHDRAWN
APR 8 1976
RECEIVED

GEOLOGY OF THE ASBESTOS DEPOSITS OF SOUTHEASTERN QUÉBEC

P. H. RIORDON

SERVICE DES GÎTES MINÉRAUX

QUÉBEC
1975

MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DU QUÉBEC

DIRECTION GÉNÉRALE DES MINES

E.S. – 18

GÉOLOGIE DES GÎTES D'AMIANTE DU SUD-EST QUÉBÉCOIS

GEOLOGY OF THE ASBESTOS DEPOSITS OF SOUTHEASTERN QUÉBEC

P. H. RIORDON

QUÉBEC
1975

TABLE DES MATIERES

TABLE OF CONTENTS

	Page		Page
INTRODUCTION/INTRODUCTION			
LOCALISATION	2	LOCATION	2
ACCES	2	ACCESS	2
PHYSIOGRAPHIE	4	PHYSIOGRAPHY	4
COMPILATION ET REMERCIEMENTS	4	COMPILATION AND ACKNOWLEDGMENTS	4
GEOLOGIE GENERALE/GENERAL GEOLOGY			
PERIDOTITE ET DUNITE	7	PERIDOTITE AND DUNITE	7
ROCHES GRANITIQUES A INTERMEDIAIRES	7	GRANITIC TO INTERMEDIATE ROCKS	7
ROCHES METAMORPHIQUES	10	METAMORPHIC ROCKS	10
Amphibolite	10	Amphibolite	10
Serpentinite	11	Serpentinite	11
Roches à talc et carbonate	13	Talc-carbonate rocks	13
Rodingite	14	Rodingite	14
STRUCTURE	14	STRUCTURE	14
Veines d'amiante	15	Asbestos veins	15
GITES D'AMIANTE/ASBESTOS DEPOSITS			
SECTEUR SUD-OUEST	18	SOUTHWEST SECTOR	18
Gisement Jeffrey	20	Jeffrey deposit	20
Gisement Nicolet	24	Nicolet deposit	24
SECTEUR CENTRAL	25	CENTRAL SECTOR	25
Groupe de Thetford Mines	28	Thetford Mines group	28
Types de roche	31	Rock types	31
Altération	35	Alteration	35
Structure	35	Structure	35
Gisements de minerai	36	Ore bodies	36
Groupe de Black Lake	39	Black Lake group	39
Gisement British Canadian	41	British Canadian deposit	41
Types de roches	41	Rock types	41
Structure	42	Structure	42
Gisement de minerai	44	Ore bodies	44
Gisement Lake	46	Lake deposit	46
Types de roches	46	Rock types	46
Structure	47	Structure	47
Altération	47	Alteration	47
Gisements de minerai	49	Ore bodies	49
Groupe de Vimy Ridge	52	Vimy Ridge group	52

	Page		Page
Types de roches	53	Rock types	53
Structure	53	Structure	53
Gisements de minerai	57	Ore bodies	57
SECTEUR NORD-EST ET AUTRES GITES	59	NORTHEAST SECTOR AND OTHER DEPOSITS	59
Croupe de Broughton	61	Broughton group	61
Groupe de Pontbriand	65	Pontbriand group	65
Autres gîtes	69	Other deposits	69
DISCUSSION/DISCUSSION			
MODE D'ORIGINE	71	MODE OF ORIGIN	71
REGIONS FAVORABLES	74	FAVORABLE AREAS	74
SERPENTINE EN VEINE	76	VEIN SERPENTINE	76
Veines de picrolite	77	Picrolite veins	77
Veines 'serratées'	83	Serrated veins	83
Veines d'amiante	84	Asbestos veins	84
Caractéristiques	84	Characteristics	84
Mode de formation	87	Mode of formation	87
GENESE DE L'AMIANTE	90	GENESIS OF ASBESTOS	90
Source du materiel de veine	90	Source of vein material	90
Chrysotile picrolitique	91	Picrolitic chrysotile	91
Amiante	93	Asbestos	93
BIBLIOGRAPHIE/BIBLIOGRAPHY			

LISTE DES ILLUSTRATIONS/LIST OF ILLUSTRATIONS

1 - Chaîne ultramafique du sud-est québécois	3	1 - Ultramafic belt of southeastern Québec	3
2 - Veine d'amiante remplacée par du carbonate	13	2 - Asbestos vein replaced by carbonate	13
3 - Stockwork de veines d'amiante	16	3 - Asbestos vein stockwork	16
4 - Système parallèle de veines	17	4 - Parallel system of veins	17
5 - Secteur sud-ouest	19	5 - Southwest sector	19
6 - Gisement Jeffrey	21	6 - Jeffrey deposit	21
7 - Gisement Jeffrey - Coupe	22	7 - Jeffrey deposit - Cross section	22
8 - Secteur central	26	8 - Central sector	26
9 - Groupe de Thetford Mines	29	9 - Thetford Mines group	29
10 - Groupe de Thetford Mines - Gisement Bell King	30	10 - Thetford Mines group - Bell King deposit	30
11 - Groupe de Thetford Mines - Gisement Bennett-Martin	32	11 - Thetford Mines group - Bennett-Martin deposit	32
12 - Groupe de Thetford Mines - Gisement Beaver	33	12 - Thetford Mines group - Beaver deposit	33

Page

13 - Veine d'amiante accompagnée d'épontes de serpentine dans de la péridotite partiellement serpentinisée 38

14 - Groupe de Black Lake 40

15 - Gisement British Canadian - Niveau de 850 pieds 43

16 - Gisement British Canadian - Coupes 45

17 - Gisement Lake - Niveau de 190 pieds 48

18 - Gisement Lake - Coupes 3500N et 4200N 50

19 - Gisement Lake - Coupe 4900N 51

20 - Groupe de Vimy Ridge 54

21 - Groupe de Vimy Ridge - Coupe longitudinale 55

22 - Groupe de Vimy Ridge - Niveau de 775 pieds..... 56

23 - Gisement Carey 62

24 - Gisement Carey - Coupes 64

25 - Secteur nord-est - groupe de Pontbriand 66

26 - Gisement National - Niveau de 900 pieds..... 67

27 - Gisement Poudrier..... 68

28 - Dunite serpentinisée en contact avec de la péridotite partiellement serpentinisée 72

29 - Picrolite passant à de la fibre soyeuse et longitudinale d'amiante . 78

30 - Picrolite rubanée montrant une structure fibreuse transversale 80

31 - Veines mixtes de fibres transversales de picrolite recoupant un réseau primaire de veines de serpentine 81

32 - Micro-fractures et fibres de chrysotile 84

33 - Veines de fibres transversales d'amiante intercalées de picrolite . 94

34 - Rubanement dans l'amiante et la picrolite 95

Page

13 - Asbestos vein accompanied by margins of serpentine in partially serpentinized peridotite 38

14 - Black Lake group 40

15 - British Canadian deposit - 850-foot Level 43

16 - British Canadian deposit - Cross sections 45

17 - Lake deposit - 190-foot Level 48

18 - Lake deposit - Cross sections 3500N and 4200N 50

19 - Lake deposit - Cross section 4900N . 51

20 - Vimy Ridge group 54

21 - Vimy Ridge grpup - Longitudinal cross-section 55

22 - Vimy Ridge group - 775-foot Level 56

23 - Carey deposit 62

24 - Carey deposit - Cross sections 64

25 - Northeast sector - Pontbriand group 66

26 - National deposit - 900-foot Level... 67

27 - Poudrier deposit 68

28 - Serpentinized dunite in contact with partially serpentinized peridotite 72

29 - Picrolite grading to silky slip-fibre asbestos 78

30 - Layered picrolite displaying cross-fibre structure 80

31 - Composite cross fibre picrolite veins cutting across primary network of serpentine veins 81

32 - Micro-fractures and chrysotile fibres 84

33 - Cross-fibre asbestos veins with picrolite interlayered 94

34 - Banding in both asbestos and picrolite 95

Page

Page

TABLEAUX/*TABLES*

1 - Principales caractéristiques des gisements d'amiante du sud-est québécois 96

2 - Distribution des fibres selon la longueur, exprimée en pourcentage de la production actuelle pour chaque région 97

1 - Predominant characteristics of the asbestos deposits of south-eastern Québec 96

2 - Distribution of fibres according to length, expressed as a percentage of current production from each area 97

RESUME

Cette publication présente des descriptions géologiques et minéralogiques détaillées des mines d'amiante actuellement en opération et de celles exploitées dans le passé; elle offre de plus des discussions sur le "Mode d'origine des gîtes d'amiante", les "Régions favorables à la découverte de nouveaux gîtes d'amiante", la "Serpentine en veine " et la "Genèse de l'amiante".

D'après la distribution géographique et le contexte géologique des gîtes, on peut diviser la chaîne productive d'amiante du sud-est québécois en trois secteurs miniers: le secteur sud-ouest, qui comprend le gisement Jeffrey de la Canadian Johns-Manville Co. Ltd. et l'ancienne mine Nicolet de la Nicolet Industries Ltd.; le secteur central, qui inclut les gisements de la Bell Asbestos Mines Ltd. et de la Lake Asbestos of Quebec Ltd., ainsi que ceux des mines British Canadian, King-Beaver et Normandie de l'Asbestos Corporation Ltd.; et le secteur nord-est qui comprend, à l'intérieur du dyke de Pennington, les gisements de la Carey Canadian Mines Ltd. et de la mine National de la Lake Asbestos of Quebec Ltd.

Ensemble, ces gisements ont des réserves de minerai dépassant 800 millions de tonnes. En 1974, leur production s'est élevée à environ 1.5 million de tonnes d'amiante.

ABSTRACT

This paper gives detailed geological and mineralogical descriptions of the present, as well as some of the past, asbestos-producing mines in southeastern Québec and provides discussions on the "Mode of origin of asbestos deposits", on "Favorable areas for potential asbestos deposits", on "Vein serpentine", and on "Asbestos genesis".

On the basis of the geographic distribution of the deposits and their geological setting, the productive asbestos belt of southeastern Québec is divided into three mining sectors: the Southwest sector, which includes the Jeffrey deposit of Canadian Johns-Manville Co. Ltd. and the former Nicolet mine of Nicolet Industries Ltd.; the Central sector, which includes the deposits of Bell Asbestos Mines Ltd. and that operated by Lake Asbestos of Quebec Ltd., as well as those of the British Canadian, King-Beaver and Normandie mines of Asbestos Corporation Ltd.; and the northeast sector, which comprises, in the Pennington dyke, the deposits of Carey Canadian Mines Ltd. and of the National mine of Lake Asbestos of Quebec Ltd.

Together, these deposits have ore reserves in excess of 800 million tons. Their production for 1974 amounted to approximately 1.5 million tons of asbestos.

INTRODUCTION*/INTRODUCTION

L'amiante, variété chrysotile, est produite dans les Cantons de l'Est depuis près de cent ans. En se basant sur les réserves connues, cette production semble assurée pour encore une cinquantaine d'années. En dépit de nouveaux développements ailleurs, le sud-est québécois demeure une des principales sources d'amiante dans le monde, n'étant surpassé que par la production de l'U.R.S.S. En 1974, le sud-est québécois a produit environ 1 500 000 tonnes d'amiante, d'une valeur approximative de $225 millions (Can.).

Production of chrysotile asbestos from the Eastern Townships of southeastern Québec has been going on for close to one hundred years and, on the basis of known reserves, appears assured of continued production for at least another fifty years. Despite new developments elsewhere, southeastern Québec continues to be one of the major sources of asbestos in the world, and is surpassed only by the production of the U.S.S.R. Approximately 1 500 000 tons of asbestos, worth $225 million (Can.) were produced in southeastern Québec during 1974.

Dans le passé, les travaux de Cirkel (1910), Dresser (1913), Cooke (1937), Riordon (1954), et Lamarche (1973) ont attaché beaucoup d'importance au contexte géologique des gîtes d'amiante du sud-est québécois. La préparation en 1956 du volume du C.I.M. intitulé "The Geology of Canadian Industrial Mineral Deposits" a permis de réunir dans une même publication plusieurs contributions décrivant la plupart de ces gîtes d'amiante. Dans les années qui suivirent, de nouveaux gîtes d'amiante ont été exploités, ce qui a contribué à maintenir l'activité minière à un niveau élevé, permettant ainsi l'accumulation de données géologiques additionnelles.

The geological setting of the southeastern Québec asbestos deposits has received a good deal of attention in the past, in particular, by Cirkel (1910), Dresser (1913), Cooke (1937), Riordon (1954), and Lamarche (1973). In 1956, the preparation of the C.I.M. volume on "The Geology of Canadian Industrial Mineral Deposits" succeeded in bringing together papers describing a number of these asbestos deposits. In the ensuing years, new deposits have been developed and as a result of continued mining activity on a large scale a great deal of additional geological information has been accumulated.

L'objet du présent rapport est de réunir toute l'information disponible afin de présenter une compilation à jour de la géologie locale de tout le district producteur d'amiante du sud-est québécois.

The purpose of this report is to bring all of the available information together and to present an up-to-date compilation of the local geology of all of the asbestos-producing districts in southeastern Québec.

---

* Traduit de l'anglais

LOCALISATION

Toutes les mines d'amiante reposent au sein de la chaîne ultramafique du sud-est québécois dans une région comprise entre les latitudes 45°45' et 46°15'N et les longitudes 71°00' et 71°55'W (fig. 1). La mine Jeffrey dans le canton de Shipton, comté de Richmond, se trouve dans le coin sud-ouest de cette région, alors que la mine Carey Canadian dans le canton de Broughton, comté de Beauce, repose à l'extrémité nord-est, à une distance de 55 milles de la première.

LOCATION

All of the asbestos mines lie within the ultramafic belt of southeastern Québec in an area bounded by latitudes 45°45' and 46°15'N and longitudes 71°00' and 71°55'W (Fig. 1). The Jeffrey mine in Shipton township, Richmond county, lies at the southwest corner of the area and the Carey Canadian mine in Broughton township, Beauce county, lies at the northeastern extremity some 55 miles distant.

ACCES

On peut atteindre la région à partir de Montréal ou de Québec qui se trouvent respectivement à environ 100 milles à l'ouest-sud-ouest et à environ 50 milles au nord de son centre. Toute la région est desservie par des routes pavées de première qualité et par de nombreux chemins de gravier. Il existe également des voies ferrées se raccordant à Québec et à Montréal ainsi qu'aux Etats-Unis en direction sud.

Il n'y a cependant aucun service aérien régulier dans la région, bien qu'il existe un aérodrome commercial à East Angus, à environ 35 milles au sud du centre de la région, ainsi qu'une piste commerciale d'atterrissage de 3000 pieds de long, récemment aménagée à Thetford Mines, non loin du point central de la région.

ACCESS

The area may be reached from Montréal, which is situated about 100 miles west-southwest of its center, or from Québec, about 50 miles to the north. All portions of the area are served by first class, paved highways and numerous gravel roads. There are railway connections to Québec and Montréal, as well as southward into the United States.

There is no scheduled air service to the area, however, a large commercial airfield exists at East Angus about 35 miles south of the center of the area, and a commercial airstrip of 3000 feet in length has recently been established at Thetford Mines, not far from this central point.

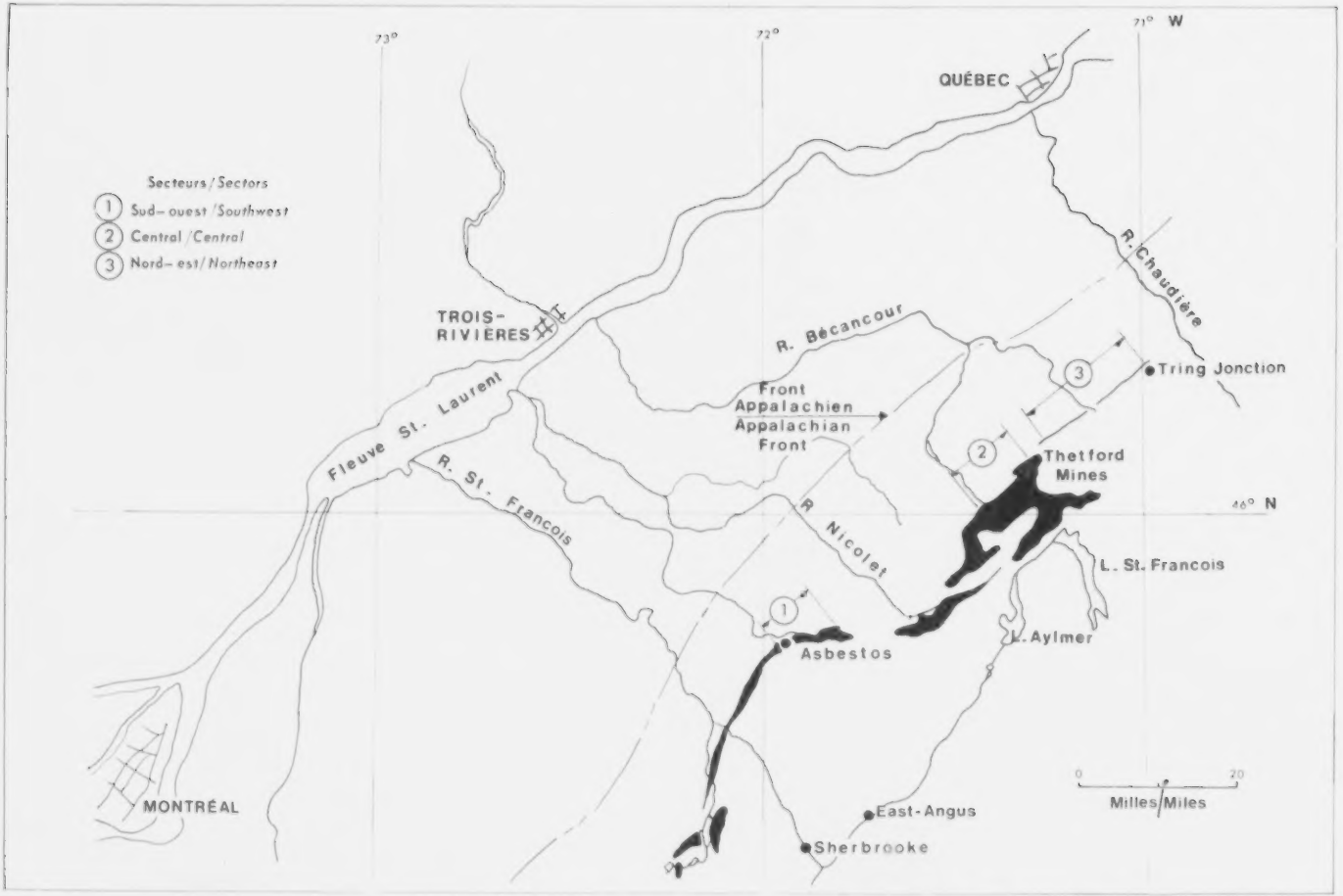


FIGURE – 1 CHAÎNE ULTRAMAFIQUE DU SUD-EST QUÉBÉCOIS – montrant les secteurs producteurs d'amiante.
ULTRAMAFIC BELT OF SOUTHEASTERN QUÉBEC – showing asbestos producing sectors

104-04070/

PHYSIOGRAPHIE

La chaîne des monts Notre-Dame, dans laquelle se trouvent les gîtes d'amiante, repose au sud-est et est parallèle à l'orientation nord-est de la vallée du fleuve Saint-Laurent. Le relief de la région est de l'ordre de 1000 pieds; il se définit en général par une topographie légèrement roulante avec des vallées relativement larges d'orientation nord-est. D'étroites vallées, dont certaines ont des versants relativement abrupts, recoupent cette orientation en direction nord-ouest et pourraient bien représenter la position de failles transversales.

PHYSIOGRAPHY

The Notre-Dame range of mountains, in which the asbestos deposits occur, lies to the southeast and parallels the northeast trend of the valley of the St. Lawrence river. The relief in the area is in the order of 1000 feet in a generally gently rolling countryside with relatively broad, northeast-trending valleys. Narrow valleys, some of which are relatively steep sided, cut northwesterly across this trend and may mark the locations of transverse faults.

COMPILATION ET REMERCIEMENTS

Une partie des données contenues dans le présent rapport, particulièrement celles se rapportant à la portion centrale de la région, ont été compilées par l'auteur durant ses quelque 25 années de travail à l'emploi du ministère des Mines du Québec de l'époque et de certaines sociétés minières.

L'auteur remercie toutes les sociétés minières pour l'admirable collaboration dont elles ont fait part en mettant à sa disposition les plans, les coupes ainsi que les descriptions des gisements. A moins d'avis contraire, la compilation et l'interprétation de toutes ces données sont l'oeuvre de l'auteur.

COMPILATION AND ACKNOWLEDGMENTS

Some of the material incorporated in this report, especially that applying to the central portion of the area, was collected by the writer during the course of some 25 years work in conjunction with the former Québec Department of Mines and with a number of the mining companies.

The writer is indebted to all of the mining companies who have cooperated so admirably in making available plans and sections, as well as providing descriptions of their deposits. The compilation and interpretation of all this data has been the work of the writer unless otherwise noted.

Les personnes suivantes ont fait preuve d'une assistance particulière, tant par les informations qu'elles ont fournies que par leurs discussions utiles: W.W. Oughtred, R.V. Stewart, W. Zuckerhandel et J.M.L. Poulin de l'Asbestos Corporation Ltd.; J.R.M. Hutcheson, H.K. Conn, R. Laliberté, et F. Spertini de la Canadian Johns-Manville Co. Ltd.; M.J. Messel, L.C. Puize, M. Lauzon, et G. Bonin de la Lake Asbestos of Quebec Ltd.; M. Dorais, F.P. Smith, et J.H. Gagnon de la Bell Asbestos Mines Ltd.; R.W. Coleman et A. Duclos de la National Asbestos Mines Ltd.; M. Prus de la Carey-Canadian Mines Ltd.. F.J. Wicks du Musée Royal de l'Ontario a identifié certaines variétés fibreuses de serpentine. L'échantillon illustré aux figures 32 et 33 a été gracieusement offert par D.H. Laubscher de l'Associated African Mines Ltd. L'auteur tient également à remercier R.Y. Lamarche du ministère des Richesses naturelles du Québec pour ses suggestions utiles et sa critique constructive du manuscrit.

Of particular assistance in respect to the provision of significant data and helpful discussion were the following: W.W. Oughtred, R.V. Stewart, W. Zuckerhandel and J.M.L. Poulin of Asbestos Corporation Ltd.; J.R.M. Hutcheson, H.K. Conn, R. Laliberte, and F. Spertini of Canadian Johns-Manville Co. Ltd.; M.J. Messel, L.C. Puize, M. Lauzon, and G. Bonin of Lake Asbestos of Quebec Ltd.; M. Dorais, F.P. Smith, and J.H. Gagnon of Bell Asbestos Mines Ltd.; R.W. Coleman, and A. Duclos of National Asbestos Mines Ltd.; M. Prus of Carey-Canadian Mines Ltd.. F.J. Wicks of the Royal Ontario Museum identified some of the fibrous serpentine minerals. The specimen illustrated in figures 32 and 33 was kindly provided by D.H. Laubscher of Associated African Mines Ltd. The writer is indebted to R.Y. Lamarche of the Québec Department of Natural Resources for his useful suggestions and helpful criticism of the manuscript.

GEOLOGIE GENERALE/GENERAL GEOLOGY

C'est dans la péridotite, surtout dans la variété harzburgite accompagnée d'un peu de dunite, que l'on rencontre les gîtes d'amiante du sud-est québécois. Ces roches ont subi différents degrés de serpentinisation et font partie de ce que l'on décrit maintenant comme étant un ou plusieurs complexes ophiolitiques (Lamarche, 1972; Chidester et Cady 1972) constitué de dunite, chromitite, péridotites (harzburgite et lherzolite), pyroxénites (clinopyroxénite et webstérite), gabbro, dolérite, et de laves mafiques coussinées ou fragmentaires (Lamarche, 1973). On y rencontre également des roches de composition granitique à intermédiaire

The host rock of the asbestos deposits of southeastern Québec for the most part is peridotite, predominantly of the composition of harzburgite, with some associated dunite. These rocks, which have undergone varying degrees of serpentinization, form part of what is now considered to be an ophiolite suite (Lamarche, 1972; Chidester and Cady 1972) consisting of dunite, chromitite, peridotites (harzburgite and lherzolite), pyroxenites (clinopyroxenite and websterite), gabbro, dolerite, and pillow or fragmental mafic lavas (Lamarche, 1973). Also present are rocks of granitic to intermediate compositions which are mostly confined to the peridotite

qui sont surtout confinées aux membres périodotitiques et dunitiques sous forme de masses irrégulières et tabulaires ou en dyke dont la composition varie du granite à la rodingite. La monzonite quartzifère est cependant la composition la plus commune (De, 1961). Selon des déterminations d'âge au potassium-argon obtenues de la muscovite, les roches granitiques de cet assemblage auraient des âges de l'ordre de 480 millions d'années (Poole, 1963). En raison du fait qu'elles sont étroitement associées, dans l'espace et dans le temps, aux roches ultramafiques, qui sont elles-mêmes sous-jacentes au groupe de Magog de l'Ordovicien moyen, ce complexe igné peut être considéré comme étant d'âge Ordovicien inférieur ou plus vieux.

and dunite members, occurring within these as irregular, tabular, or dyke-like bodies ranging in composition from granite to rodingite, quartz monzonites being in greatest abundance (De, 1961). According to potassium-argon dates obtained from muscovite, the granitic rocks of this assemblage have ages in the order of 480 million years (Poole, 1963), and in view of the fact that they are closely associated in space and in time with the ultramafic rocks, which themselves are known to underlie the Middle Ordovician rocks of the Magog Group, this igneous complex may be considered Lower Ordovician in age or older.

En plus de la serpentine, on rencontre d'autres formes d'altération. L'amphibolite, remplaçant les roches cambriennes adjacentes composées de schistes, de quartzite et de laves mafiques, résulte sans contredit du métamorphisme de contact ayant accompagné l'emplacement des roches ultramafiques. On rencontre à plusieurs endroits du talc et/ou du carbonate associé avec les zones de failles majeures traversant les roches ultramafiques. Une altération des roches granitiques n'est pas rare; il en résulte une transformation des minéraux originels en des assemblages de minéraux silicatés sodico-calciques.

In addition to serpentine, other forms of alteration are also encountered. Amphibolite, replacing the adjacent Cambrian rocks composed of schists, quartzite and mafic lavas, is evidently the result of contact metamorphism associated with the emplacement of the ultramafic rocks. Talc and carbonate, which are present either together or separately, occur in several places in association with major fault zones in the ultramafic rocks. Alteration of the granitic rocks is not uncommon and has resulted in the breakdown of the original minerals, and the development of a variety of soda-lime-silicate minerals.

Deux traits semblent avoir influencé la dimension et la forme des gîtes d'amiante: premièrement, ils sont dans bien des cas adjacents à des contacts lithologiques et deuxièmement, ils sont généralement associés à des traits structuraux distincts (Riordon, 1957).

Two features seem to have a bearing on the size and shape of the asbestos deposits: the fact that, in many instances, they are situated adjacent to rock contacts and that they are generally associated with distinctive structural features (Riordon, 1957).

PERIDOTITE ET DUNITE

Ces roches sont essentiellement formées de silicates magnésiens, tels l'olivine (88% forstérite) et l'orthopyroxène enstatite. La chromite n'est qu'un constituant mineur. La harzburgite contient normalement de 10 à 15% de pyroxène et est équigranulaire, les grains mesurant généralement moins de 5 millimètres. Localement, la péridotite passe imperceptiblement à la dunite, alors que la quantité de pyroxènes diminue. Néanmoins, on observe des contacts nets, bien qu'irréguliers, entre ces deux types de roches. La dimension des portions dunitiques des roches ultramafiques varie de quelques pouces à des centaines de pieds (fig. 9). Certaines de ces grosses masses semblent avoir une certaine importance quant à la forme des gîtes d'amiante avec lesquels elles sont associés.

On observe également à proximité des gîtes d'amiante de petites concentrations de pyroxénite dépourvues de veines d'amiante; les masses plus importantes de pyroxénite et de gabbro se trouvent généralement à une certaine distance des gîtes d'amiante. La pyroxénite et le gabbro sont décrits dans la littérature traitant de la géologie régionale (Dresser, 1913; Harvie, 1923; Cooke, 1937; Graham, 1944; Riordon, 1953; Lamarche, 1973).

ROCHES GRANITIQUES A INTERMEDIAIRES

C'est dans les secteurs sud-ouest et central de la chaîne productive d'amiante que l'on observe la majorité des roches granitiques à intermédiaires; elles sont toutefois absentes

PERIDOTITE AND DUNITE

The composition of these rocks is essentially magnesian silicates in the form of olivine (88% forsterite) and the orthopyroxene enstatite. Chromite occurs as a minor constituent. The normal harzburgite contains 10 to 15% pyroxene and is equigranular, with grain size generally confined to something less than 5 millimeters. Locally, peridotite grades imperceptibly to dunite as the pyroxene content decreases. Sharp boundaries between these two rock types are not uncommon, however, the contacts are normally highly irregular. The dunite portions of the ultramafics vary in size from a few inches to hundreds of feet (Fig. 9). Some of these larger bodies seem to have a significant bearing on the shape of the asbestos deposits with which they are associated.

Small pyroxenite concentrations are present locally in the vicinity of the asbestos deposits but nowhere appeared to host asbestos veins; the larger bodies of pyroxenite and related gabbro generally occur at some distance from the asbestos deposits. The pyroxenite and gabbro are described in the literature covering the regional geology (Dresser, 1913; Harvie, 1923; Cooke, 1937; Graham, 1944; Riordon, 1953; Lamarche, 1973).

GRANITIC TO INTERMEDIATE ROCKS

Granitic to intermediate rocks are found in the southwestern and central sectors of the asbestos-producing belt but are noticeably absent in the northeastern sector of the same belt,

dans le secteur nord-est de cette chaîne, où les gîtes sont confinés à une masse ultramafique tabulaire généralement appelée dyke de Pennington. Ces roches sont également présentes dans la portion improductive de la principale masse ultramafique.

Ces roches ont été l'objet de plusieurs études, y compris celles dont le but principal était la cartographie régionale et de détail. La contribution la plus importante sur ce sujet fut cependant celle de De (1961) qui préleva des échantillons pour fins d'analyses de plusieurs affleurements inaltérés de quatre des principaux gîtes d'amiante.

Même si la majeure partie des roches granitiques à intermédiaires reposant à l'intérieur ou à proximité des gîtes d'amiante sont habituellement des monzonites quartzifères, les plus grosses masses associées qui sont à une plus grande distance de ces gîtes ont une composition se rapprochant plus de celle d'un granite (Knox, 1916; Harvie, 1923; Riordon, 1953).

Certains dykes contenant de la hornblende et/ou de la biotite sont considérés comme des diorites et, d'après De (1961), auraient précédé la mise en place des monzonites quartzifères. On pourrait attribuer ces deux stades de mise en place de dykes à la différenciation d'un magma de composition intermédiaire à felsique, donnant lieu à un premier faciès riche en soude suivi de syénite et de granite.

Les liens génétiques entre ces roches et les membres plus mafiques de ce complexe igné sont obscurs. Il est cependant important de noter qu'elles ont été observées à l'intérieur de plusieurs membres du complexe igné, y

where the deposits are confined to the ultramafic body commonly referred to as the Pennington dyke. Their presence is also known in the unproductive portions of the main ultramafic belt.

These rocks have been studied by a great number of investigators, including all those who carried out regional and detailed mapping. However, the most comprehensive contribution to date is probably that of De (1961), who gathered samples for analysis from a number of fresh exposures in four of the major asbestos deposits.

Although the bulk of the granitic to intermediate rocks lying within or adjacent to the asbestos deposits are quartz monzonites, the larger related bodies situated somewhat farther removed are more nearly granite in composition (Knox, 1916; Harvie, 1923; Riordon, 1953).

Some dykes containing hornblende and/or biotite have been identified as diorites and, according to De (1961), preceded the intrusion of the quartz monzonites. These two stages of dyke intrusion might be attributed to the result of differentiation within a melt of intermediate to felsic composition, giving rise to an early soda-rich facies followed by syenite and granite.

The genetic relationship of these rocks to more mafic members of the igneous complex is obscure. It is significant thay they are found in several members of the igneous complex, including both ultramafic and mafic, but have

compris les membres ultramafiques et mafiques, mais qu'on ne les a pas encore rencontrées dans les unités de roches sédimentaires cambriennes ou ordoviciennes.

Les stocks granitiques d'âge Dévonien qui ont fait intrusion dans les formations ordoviciennes et siluro-dévoniennes au sud-ouest ne possèdent pas une telle variation quant à leur composition et, selon les datations au potassium-argon, sont définitivement plus jeunes que ceux associés aux roches ultramafiques et mafiques.

On a suggéré que ces roches pouvaient résulter de la différenciation (Graham, 1944; Suzuki, 1959), ou d'une phase liquide résiduelle dérivée d'un magma basaltique (Shand, 1947), ou du rhéomorphisme et/ou de la palingénèse d'enclaves de sédiments sialiques détachées de la croûte que le complexe igné a dû traverser (Lamarche, 1973). L'auteur croit que leurs formes, compositions et relations de contacts excluent la possibilité de toute différenciation en place.

La présence de nombreuses enclaves de roches ultramafiques dans ces masses granitiques suggère que l'emplacement des roches felsiques s'est fait autant par l'abattage que par l'écartement des roches encaissantes. L'auteur est d'opinion que l'existence de fractures dans ces roches encaissantes n'a pas simplement eu une influence sur la distribution des intrusions felsiques mais qu'elles a aussi influencé leurs formes en se solidifiant. Des ajustements ultérieurs ont ensuite engendré des cisaillements ainsi que des déplacements et, là où ces derniers ont pris place, la fracture originelle semble avoir été masquée par une altération tardive.

not been found anywhere within the areas of Cambrian or Ordovician sedimentary rocks.

The granitic stocks of Devonian age that are intrusive into the Ordovician and Siluro-Devonian formations to the southwest do not display a similar range of composition, and in view of potassium-argon dating are obviously younger than those associated with the ultramafic and mafic rocks.

It has been suggested that these rocks may have been derived by differentiation (Graham, 1944; Suzuki, 1959), or from the residual liquid phase of a basaltic magma (Shand, 1947), or by rheomorphism and/or palingenesis of inclusions of sialic sediments picked up from the crust through which the igneous complex was intruded (Lamarche, 1973). The author believes that their form, composition, and contact relationships exclude the possibility of any differentiation in place.

The presence of numerous inclusions of ultramafic rock in these granitic masses suggests that the emplacement of the felsic rocks was accomplished by some stoping as well as thrusting aside of the enclosing rocks. It is the writer's belief that preexisting fractures in these host rocks not only had some bearing on the distribution of the felsic intrusions but also had some influence on the shapes that they assumed on consolidation. Later adjustments gave rise to shearing and displacements, and where the latter have occurred the original fracture appears to have been masked by later alteration.

ROCHES METAMORPHIQUES

AMPHIBOLITE

Ce type de roche est observé en bordure de la mine Jeffrey, à l'extrémité sud-ouest de la portion productive de la chaîne ultramafique (Lamarche, 1973); sur le côté nord-ouest de la crête Belmina, à environ 5 milles au sud-ouest de la mine Normandie dans le secteur central; à 1500 pieds à l'ouest de la mine Normandie, ainsi que sur le côté du toit (sud-est) du gisement Flintkote, près de la limite sud-ouest du dyke de Pennington (Riordon, 1954).

Ces quatre occurrences sont au contact entre la péridotite et les roches métasédimentaires adjacentes. Vu le recouvrement de plusieurs contacts par le mort-terrain, ce métamorphisme de contact est probablement beaucoup plus étendu que ne le montrent les cartes.

Le développement d'amphibolite le plus intense se trouve en bordure de la crête Belmina où on a pu la suivre le long du contact occidental de la péridotite et du gabbro sur une longueur d'environ 4 milles et sur une largeur de près de 3000 pieds.

Bien qu'on l'observe en contact net avec les roches métasédimentaires, les passages progressifs sont les plus communs. Là où l'amphibolite est rubanée, l'attitude de ce rubanement est conforme à celle du litage des roches métasédimentaires adjacentes. La formation de ces roches métamorphiques est attribuable au métamorphisme de contact ayant accompagné la mise en place des roches ultramafiques et mafiques dans les roches volcaniques mafiques,

METAMORPHIC ROCKS

AMPHIBOLITE

This rock type has been observed adjacent to the Jeffrey mine at the southwestern extremity of the productive portion of the ultramafic belt (Lamarche, 1973); on the northwest side of Belmina ridge about 5 miles southwest of the Normandie mine in the central sector; 1500 feet west of the Normandie deposit, and on the hanging-wall (southeast) side of the Flintkote deposit near the southwest end of the Pennington dyke (Riordon, 1954).

All of these four occurrences are at the contact of the peridotite with the adjacent metasedimentary rocks. As the contacts are generally obscured by overburden it seems probable that this type of contact metamorphism may be more extensive than the mapping shows.

The most extensive development of amphibolite is that adjacent to Belmina ridge where it has been traced along the western contact of both peridotite and gabbro for a length of about 4 miles and over widths of close to 3000 feet.

Although sharp contacts with the metasedimentary rocks do exist, gradational contacts are more common. Where layering is evident, the attitudes conform to those of the bedding in the adjoining metasedimentary rocks. These metamorphic rocks owe their existence to contact metamorphism which accompanied the intrusion of the ultramafic and mafic rocks into the mafic volcanic rocks, metasedimentary rocks and schists, to produce a variable mixture

les roches métasédimentaires et les schistes, produisant ainsi un mélange variable de hornblende, d'épidote, de chlorite, de quartz et de calcite.

La présence de ces amphibolites indique que la tempér ture de mise en place des roches ultramafiques aurait été passablement élevée et pourrait marquer le site des principaux conduits le long desquels le magma serait monté.

SERPENTINITE

La péridotite et la dunite associées aux gîtes d'amiante ont été soumises à différents degrés de serpentinisation. Dans les portions les plus massives, où ces roches n'ont pas été affectées par des failles le cisaillement ou l'emplacement de masses granitiques et dioritiques, la serpentinisation est répandue uniformément et donnée par la conversion de 30 à 40% des minéraux anhydres en serpentine. Dans la péridotite, les pyroxènes ont généralement subi peu ou pas d'altération, alors que la serpentinisation fut intense le long des plans de clivage et des fractures dans les grains d'olivine. Certains cristaux de pyroxène sont corrodés ou complètement remplacés par la bastite. Des agrégats et de fines paillettes disséminées de brucite ainsi que des grains de magnétite peuvent être aussi présents dans les roches serpentinisées sous forme de constituants mineurs. La serpentinisation à cette échelle semble surtout affecter le noyau des blocs où la serpentinisation intense est limitée à des distances de quelques pouces des fractures.

Etant donné son omniprésence et sa répartition uniforme, on peut considérer cette serpentinisation comme étant d'origine deutérique et comme ayant probablement pris place peu de temps après la cristallisation de l'olivine.

of hornblende, epidote, chlorite, quartz and calcite.

The presence of these amphibolites would indicate the temperature of intrusion of the ultramafic rocks was fairly high, and may mark the locations of the main conduits up through which the magma rose.

SERPENTINITE

The peridotite and dunite associated with the asbestos deposits have been subjected to varying degrees of serpentinization. In the more massive portions, where these rocks have not been effected by faulting, shearing or the emplacement of granitic and dioritic masses, there is a relatively uniformly pervasive serpentinization in which some 30 to 40% of the anhydrous minerals have been converted to serpentine. In peridotite, pyroxenes have generally undergone little or no alteration in contrast to the intense serpentinization along cleavage planes and fractures in olivine grains. Some pyroxene crystals are corroded or entirely replaced by bastite. Aggregates and finely disseminated flakes of brucite and grains of magnetite may be present as minor constituents in serpentinized rocks. This scale of serpentinization is found to take place mostly in the cores of blocks where intense serpentinization is confined to depths of a few inches from the fractures.

Because of its pervasiveness and even distribution, this serpentinization may be regarded as deuteric in origin and probably took place soon after crystallization of the olivine.

On observe tous les degrés de serpentinisation dans chacun des gîtes, depuis la forme répandue à travers toute la roche à celle reliée aux failles, fractures et contacts intrusifs; c'est habituellement dans la roche partiellement altérée (30 à 95% de serpentine et de brucite) que l'on rencontre les meilleurs teneurs commerciales. La serpentinisation complète est rencontrée dans les zones de cisaillement et les auréoles entourant les masses granitiques, de même qu'en bordure immédiate de toutes les veines d'amiante.

All degrees of serpentinization, between the above described pervasive form and that which is related to faults, fractures, and intrusive contacts, may be present in any one deposit, and it is usually in this partially altered rock (30 to 95% serpentine and brucite) that the best commercial grades of asbestos are found. Complete serpentinization is encountered in shear zones and in aureoles surrounding the granitic masses, as well as immediately adjacent to all asbestos veins.

La variété de serpentine la plus commune a été identifiée comme étant la lizardite (Aumento, 1970), accompagnée de quantités variables de chrysotile. La magnétite a tendance à se concentrer le long des micro-fractures, bien qu'elle représente aussi un important constituant dans les différents types de veines de serpentine, soit le long de leurs bordures ou en bandes et veinules à l'intérieur des veines. Là où elle est disséminée à travers la masse de roche serpentinisée, la brucite peut représenter jusqu'à 15% des produits d'altération; elle est aussi concentrée en veines. L'antigorite est généralement présente sous forme de remplacement partiel ou total de la lizardite plus ancienne au voisinage de zones de compression et en bordure des masses granitiques.

The commonest variety of serpentine has been identified as lizardite (Aumento, 1970), together with variable amounts of chrysotile. Magnetite tends to concentrate along the major micro-fractures, and also shows up as an important constituent of the various types of serpentine veins, either adjacent to the margins or as internal stringers and layers within the veins. Where disseminated through the serpentinized rock mass, brucite may represent up to 15% of the alteration products; it is also found to be concentrated in veins. Antigorite is generally present as partial or complete replacement of earlier lizardite in the vicinity of zones of compression and adjacent to granitic bodies.

Là où la serpentinisation fut totale, on retrouve généralement des évidences de stades successifs dans le développement des veines et le remplacement de la serpentine.

Successive stages of serpentine veining and replacement are generally in evidence wherever complete serpentinization has occurred.

Les petites ainsi que la plupart des grosses ségrégations dunitiques sont complètement serpentinisées, même dans les régions où la péridotite qui les entoure n'est que partiellement altérée ou affectée par le stade répandu de serpentinisation.

The small dunitic segregations and, with a few exceptions, the large ones as well, are completely serpentinized, even in those areas where the enveloping peridotite is only partially altered or displays only the pervasive stage of serpentinization.

ROCHES A TALC ET CARBONATE

On note une altération en talc et carbonate associée principalement aux zones majeures de faille au voisinage des gîtes d'amiante. Ce type d'altération est présent à plusieurs endroits le long du mur du dyke de Pennington. A Thetford Mines, une zone d'altération en talc et carbonate forme le mur de la zone renfermant les gîtes d'amiante; elle est un élément important des zones de faille associées aux gisements reposant à un mille au sud-ouest de la ville de Black Lake.

La serpentinisation de la dunite et de la péridotite a précédé le développement du talc et du carbonate qui remplacent tous les types de minéraux de serpentine, y compris l'amiante (fig. 2). Cette altération est soit disséminée, soit complète; dans le dernier cas, la roche a été convertie en un mélange de carbonate magnésien et de talc schisteux. En certains endroits, il n'y a que peu ou pas de talc et la roche est formée de carbonate et de quartz massifs avec ou sans magnétite.

TALC-CARBONATE ROCKS

Talc-carbonate alteration is encountered primarily in association with major fault zones in the vicinity of asbestos deposits. This type of alteration occurs at many places along the footwall of the Pennington dyke. In Thetford Mines a zone of talc-carbonate alteration forms the footwall of the zone containing the asbestos deposits, and is an important constituent of the fault zones associated with the deposits lying one mile to the southwest of the town of Black Lake.

Serpentinization of the dunite and peridotite preceded the development of talc and carbonate which has been observed to replace all types of serpentine minerals including the asbestos (Fig. 2). This alteration may either be disseminated or complete; in the latter case the rock has been converted to a mixture of magnesian carbonate and foliated talc. In some places, little or no talc is present and the rock is composed of massive carbonate and quartz, with or without magnetite.

FIGURE 2 - Veine d'amiante remplacée par du carbonate; la cristallisation s'est faite à travers la veine entre des bandes de magnétite marquant la position originale des murs de la veine; nicols croisés, X 18/*Asbestos vein replaced by carbonate; crystalline growth in vein between stringers of magnetite which mark position of original vein walls; X-nicols, x 18.*

RODINGITE

Des roches composées principalement de grossulaire et de diopside ont été trouvées en association avec tous les gîtes d'amiante, dans lesquels on note des roches de compositions granitiques à dioritiques. De plus, les bordures ou les extrémités des plus petites masses granitiques et surtout des masses dioritiques sont formées de grossulaire et de diopside. On interprète ces minéraux comme le résultat d'une réaction entre des liquides résiduels et la hornblende et les feldspaths calciques formés plus tôt dans ces masses felsiques et dans un environnement riche en eau, en bordure de la dunite et de la péridotite serpentinisées (De, 1961). D'autre part, ces minéraux ont pu cristalliser directement du fluide résiduel, dans ce cas ils ne résulteraient pas nécessairement du métasomatisme.

RODINGITE

Rocks composed largely of grossularite and diopside have been found in association with all of the asbestos deposits in which rocks of granitic to dioritic composition are found. Furthermore, the margins or terminations of some of the smaller granitic bodies, and especially the dioritic bodies, are made up of grossularite and diopside. These minerals are believed to be the result of the reaction of residual liquids on the earlier-formed hornblende and lime-rich feldspars of these felsic masses in the water-rich environment adjacent to serpentinized dunite and peridotite (De, 1961). On the other hand, these minerals may have crystallized directly from the residual fluid, and thus are not necessarily the result of metasomatism.

STRUCTURE

La distribution des roches granitiques trouvées au voisinage des gîtes d'amiante des secteurs central et sud-ouest suggère que leur mise en place a probablement été influencée par la présence de zones de fractures au sein des roches ultramafiques. Il semblerait que peu de temps après l'emplacement et la consolidation des roches ultramafiques et mafiques, des ajustements mineurs aient causé une faible fracturation suivie par l'emplacement de plusieurs petites masses tabulaires de granite et de nombreuses masses plus petites de roches granitiques associées variant en composition du granite à la diorite.

STRUCTURE

The distribution of the granitic rocks found in the vicinity of the asbestos deposits of the central and southwestern sectors suggests that their emplacement was probably influenced by the presence of fracture zones within the ultramafic rocks. It would appear that, soon after the emplacement and consolidation of the ultramafic and mafic rocks, minor adjustments caused a moderate amount of fracturing which was followed by the emplacement of numerous, small, tabular bodies of granite and swarms of even smaller, related granitic rocks, ranging in composition from granite to diorite.

Après la solidification des masses felsiques, la région a été soumise à des plissements et des chevauchements durant lesquels des zones de cisaillement et d'écrasement ont été engendrées le long de plans de faiblesse déjà établis. Le cisaillement a pris place en bordure et, dans certains cas, à l'intérieur des massifs. Cette période de déformation a été accompagnée d'une serpentinisation intense et s'est soldée par la formation de fibres d'amiante transversales et longitudinales.

La formation, la distribution et le type de fracture ayant favorisé la formation des gîtes d'amiante semble avoir été influencés par la nature hétérogène des roches encaissantes qui avaient des degrés différents de compétence. Les masses serpentinisées, telles les dunites, contrastaient avec les portions de péridotite plus compétentes et partiellement serpentinisées. La fracturation intense de la péridotite en bordure des grosses masses granitiques a également eu tendance à favoriser la formation des veines d'amiante à ces endroits.

VEINES D'AMIANTE

Le gros de l'amiante trouvée dans la majorité des gîtes appartient à la variété "fibres transversales" laquelle est composée d'une masse compacte de fibres parallèles qui reposent à angles variant de perpendiculaire à franchement oblique par rapport aux épontes de la veine. La plupart de ces veines ont moins de trois huitièmes de pouce d'épaisseur et d'une fraction de pouce à quelques dizaines de pieds de longueur. Plusieurs d'entre-elles se subdivisent en branches ou intersectent d'autres veines pour former ainsi un stockwork complexe. Localement, la fréquence des veines est suffisante pour donner à la roche une teneur de 20% et même plus en amiante (fig. 3).

Subsequent to the consolidation of the felsic bodies, the region was subjected to folding and thrust faulting during which subsidiary shear and shatter zones developed along pre-existing planes of weakness. Shearing occurred adjacent to the contacts of the bodies and, to some extent, within them. This period of deformation was accompanied by extensive serpentinization and culminated in the formation of both cross-fibre and slip-fibre asbestos.

The formation, distribution and type of fracturing that has favored the formation of asbestos deposits appears to have been influenced by the heterogeneous nature of the enclosing rocks, which exhibited differing degrees of competence. Serpentinized masses, such as the dunites, contrasted with the more competent and only partially serpentinized peridotite. Extensive fracturing in the peridotite adjacent to the larger granitic bodies has also tended to localize asbestos vein formation to some extent.

ASBESTOS VEINS

The bulk of the asbestos in the majority of the deposits is the cross-fibre variety composed of a compact mass of parallel fibres, which lie at angles anywhere from perpendicular to sharply oblique to the margins of the vein. The great majority of these veins are under three-eights of an inch in thickness, and from a fraction of an inch up to several tens of feet in length. They often branch or intersect with other veins to form a complicated stockwork. Locally, the frequency of veins is sufficient to give the rock a content of 20% asbestos or even more (Fig. 3).

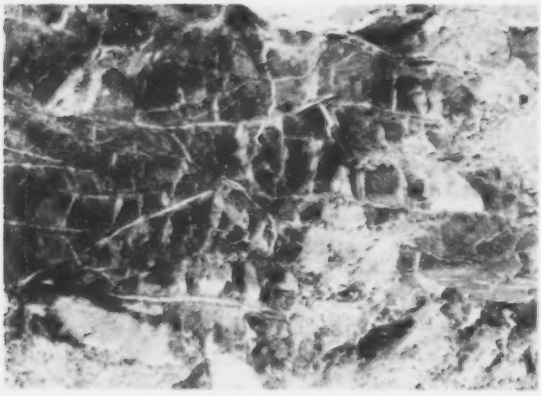


FIGURE 3 - Stockwork typique de veines d'amiante.
Typical asbestos vein stockwork.

Les veines d'amiante accusent normalement des attitudes très variées. Dans bien des cas, leur distribution est reliée à une faille individuelle, et il est alors évident d'après leur arrangement qu'elles reposent le long des plans de fractures de tension subsidiaires de cette faille. Localement, elles occupent l'emplacement même de la faille. Bien que toutes les fractures dans la roche auraient pu servir au développement de veines d'amiante, on croit que les fractures de tension ont été les plus favorables à la formation des veines, puisque, même si de faibles déplacements se sont produits parallèlement au plan de la veine, le plan de la plupart des veines est irrégulier et les stries de failles y sont généralement absentes.

A certains endroits dans les gisements, on rencontre des veines parallèles, distantes l'une de l'autre d'une fraction de pouce à plusieurs pieds. Ce développement rubané peut exister sur une faible largeur ou le long de zones de plus d'une centaine de pieds d'épaisseur. Toutefois, il est généralement limité à des blocs de roches dont la plus grande dimension est inférieure à une centaine de pieds. Le système de veines rubanées des gisements

Normally the asbestos veins occupy a great variety of attitudes. In many instances their distribution is related to an individual fault, in which case it is evident from their arrangement that they lie along the planes of tension cracks subsidiary to the fault. Locally, they were found to occupy the fault itself. It is believed that, even though any fractures in the rock may have served as hosts to the development of asbestos veins, tension cracks have been the most favorable loci for vein formation, for, although slight displacements may have occurred parallel to the plane of the vein, the planes of the majority of veins are moderately irregular and slickensiding of the walls is generally absent.

Parallel veins, from a fraction of an inch up to several feet apart, are encountered in some places in the deposits. This "ribbon" development may exist over narrow widths or over zones of a hundred feet or more in breadth. Generally, however, it is confined to blocks of ground measuring less than a hundred feet in the largest dimension. In this respect, the distinctive ribbon-vein system of the Vimy Ridge group of deposits is an exception,

du groupe de Vimy Ridge fait cependant exception à cette règle, puisque l'attitude de la majorité des veines est quasiment la même à travers presque toute la région, ce qui donne une structure laminée aux dépôts (fig. 4).

for here the attitude of the majority of the veins is nearly the same throughout much of the area and gives a laminated structure to the deposits (Fig. 4).

FIGURE 4 - Système parallèle de veines à faible pendage montrant une structure rubanée. Mine Normandie.
Parallel system of gently dipping veins displaying 'ribbon' structure. Normandie mine.

GITES D'AMIANTE/ASBESTOS DEPOSITS

En se basant sur la distribution géographique et le contexte géologique des gîtes, on peut diviser la chaîne productive d'amiante en secteurs sud-ouest, central et nord-est. On inclut dans le secteur sud-ouest le gisement Jeffrey de la Canadian Johns-Manville Co. Ltd. et le gisement Nicolet de la Nicolet Industries Ltd. Le secteur central comprend trois groupes: le groupe de Thetford Mines contenant les gisements Bell-King et Beaver, le

On the basis of the geographic distribution of the deposits and their geological setting, the productive asbestos belt may be divided into southwest, central and northeast sectors. Included in the southwest sector are the Jeffrey deposit of Canadian Johns-Manville Co. Ltd, and the Nicolet deposit of Nicolet Industries Ltd. The central sector is subdivided into three groups: the Thetford Mines group containing the Bell-King and Beaver deposits,

groupe de Black Lake renfermant les gisements British Canadian et Lake, et le groupe de Vimy Ridge formé des gisements Normandie, Penhale et Vimy Ridge.

Le secteur nord-est, qui couvre les gisements situés dans le dyke de Pennington, est divisé en deux groupes: le groupe de Pontbriand comprenant les gisements Federal, Flintkote, National, et Pennington; et le groupe de Broughton renfermant les gisements Carey Canadian, Boston, Fraser, et Quebec Asbestos.

SECTEUR SUD-OUEST

Ce secteur, qui couvre approximativement 7 milles de la chaîne ultramafique (fig. 5), contient les gisements Jeffrey et Nicolet, situés respectivement à ses extrémités sud-ouest et nord-est. Une coupe à travers la portion sud-ouest (Jeffrey) de ce secteur montre, du nord-ouest au sud-est, une séquence de plus de 2000 pieds de péridotite à la base, recouverte de 2000 pieds de dunite renfermant des bandes ou des lentilles de pyroxénite, laquelle est suivie d'une unité de pyroxénite et de gabbro de 100 pieds que recouvre enfin 500 pieds de roches volcaniques mafiques, le tout totalisant une épaisseur de près de 5000 pieds (fig. 7). Le passage latéral entre péridotite, dunite, pyroxénite et gabbro est généralement graduel. Bien qu'il y ait moins d'affleurements au nord-est (Nicolet), la péridotite y prédomine et il n'y a aucune évidence de la séquence lithologique trouvée au voisinage du gisement Jeffrey. Cette portion de la chaîne semble plutôt formée d'un certain nombre d'écailles de chevauchement imbriquées et composées de péridotite (Lamarche, 1973).

the Black Lake group containing the British Canadian and Lake deposits, and the Vimy Ridge group containing the Normandie, Penhale and Vimy Ridge deposits.

The northeast sector covers the deposits situated on the Pennington dyke and has been divided into two groups: the Pontbriand group including the Federal, Flintkote, National and Pennington deposits; and the Broughton group containing the Carey Canadian, Boston, Fraser and Quebec Asbestos deposits.

SOUTHWEST SECTOR

This sector covers approximately 7 miles of the ultramafic belt (Fig. 5) with the Jeffrey and the Nicolet deposits at the southwest and northeast ends respectively. Going from northwest to southeast, a section through the southwest (Jeffrey) portion of this sector shows a sequence of over 2000 feet of peridotite at the base, overlain by 2000 feet of dunite containing some sheets or lenses of pyroxenite, followed by 100-foot units of pyroxenite and gabbro, and topped by 500 feet of mafic volcanic rocks, for a total of close to 5000 feet of overall thickness (Fig. 7). The peridotite, dunite, pyroxenite and gabbro normally grade from one to the other. Fewer exposures occur to the northeast (Nicolet), but peridotite appears to predominate and there is no evidence of the sequence of rock types found in the vicinity of the Jeffrey deposit. In fact, this portion of the belt appears to be made up of a number of overlapping thrust slices composed of peridotite (Lamarche, 1973).

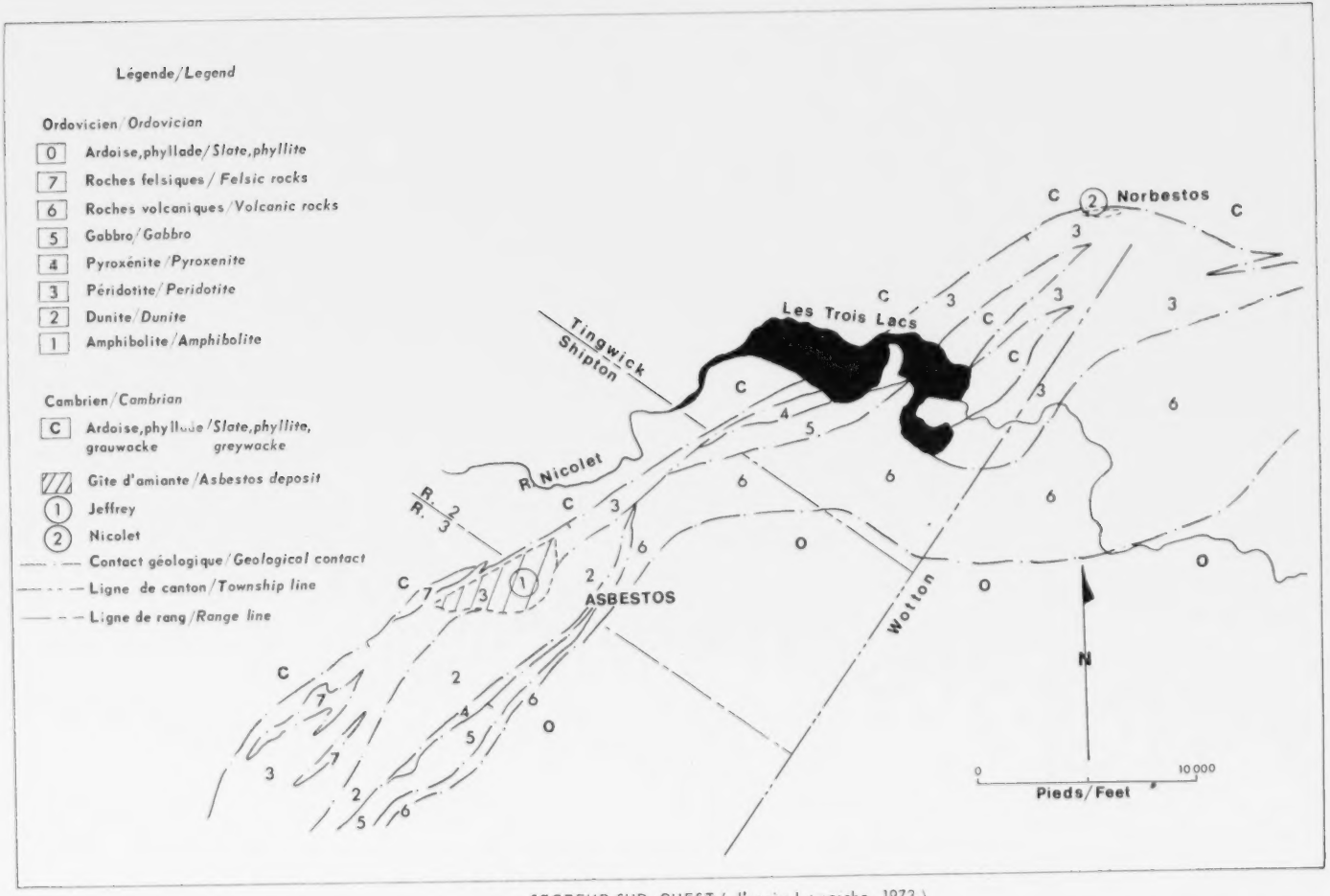


FIGURE – 5 SECTEUR SUD–OUEST (d'après Lamarche, 1973)
SOUTHWEST SECTOR (after Lamarche, 1973)

GISEMENT JEFFREY

Situé sur les lots 9 et 10 des rangs II et III du canton de Shipton, le gisement de la mine Jeffrey dépasse de beaucoup en dimension la totalité de tous les autres gisements combinés et n'est dépassé en volume que par celui d'Asbiest en U.R.S.S. En plan (fig. 6), le gisement a une forme elliptique et ses dimensions sont: une largeur de 2000 pieds, une longueur moyenne de 3000 pieds et une profondeur de plus de 2500 pieds. Son grand axe, qui est plutôt oblique par rapport à l'attitude régionale, a une direction N60°E et une inclinaison sud-est de 60°. Depuis le début des opérations en 1881 à une échelle plutôt réduite, on a augmenté progressivement la production au cours des années suivantes pour atteindre actuellement une production annuelle de plus de 600,000 tonnes d'amiante.

La roche encaissant l'amiante est la harzburgite, laquelle contient de petites lentilles ou poches de dunite. Sauf pour les portions fortement cisaillées, la serpentinisation de la harzburgite est incomplète. Des masses felsiques, généralement de forme tabulaire et variant en composition de la granodiorite à la diorite, sont communément associées aux zones de cisaillement. Ces masses mesurent de quelques pouces à plusieurs dizaines de pieds de largeur et de quelques pieds à plusieurs centaines de pieds de longueur. Leurs axes majeurs sont généralement à peu près parallèles à la zone de cisaillement qui leur est associée (Laliberté, 1972).

JEFFREY DEPOSIT

Located in lots 9 and 10 of ranges II and III in Shipton township, the Jeffrey deposit far exceeds in size the total of all the other deposits combined and is second only to the immense deposit located at Asbiest in the U.S.S.R. In plan, (Fig. 6) it is elliptical in shape with a width of 2000 feet and an average length of 3000 feet; the depth is in excess of 2500 feet. Its long axis, somewhat oblique to the regional strike, trends N60°E and rakes to the southeast at 60°. From its start on a small scale in 1881, production was increased through the ensuing years to its present annual capacity of over 600,000 tons of asbestos.

The host rock is harzburgite containing small lenses or pockets of dunite. Apart from the heavily sheared portions, serpentinization of the harzburgite is incomplete. Felsic bodies, generally tabular in form and ranging in composition from granodiorite to diorite, are commonly associated with shear zones. These bodies are from a few inches up to several tens of feet wide and from a few feet to several hundred feet long. Their major axes are generally roughly parallel to the associated shear zone (Laliberté, 1972).

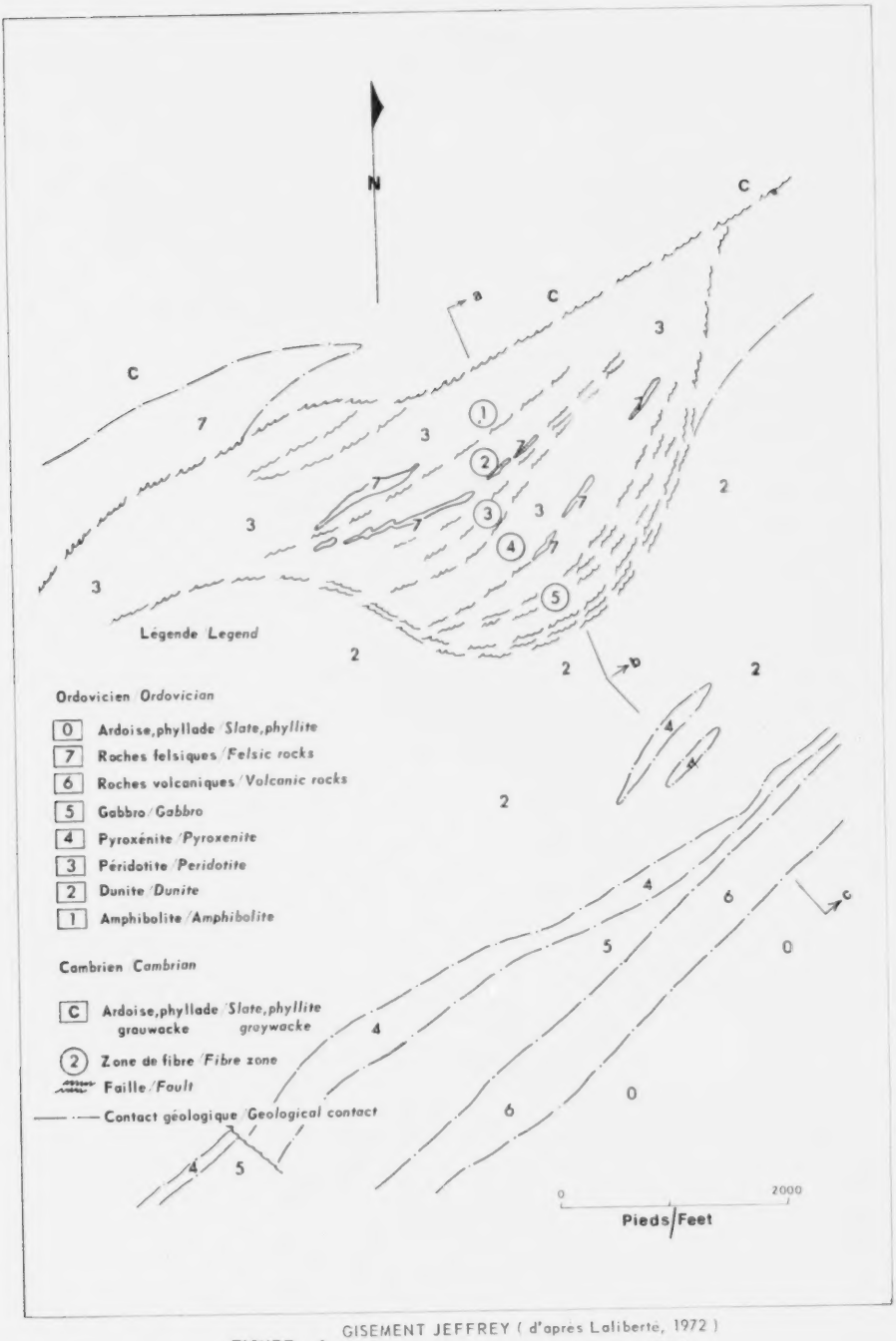


FIGURE – 6 GISEMENT JEFFREY (d'après Laliberté, 1972)
JEFFREY DEPOSIT (after Laliberté, 1972)

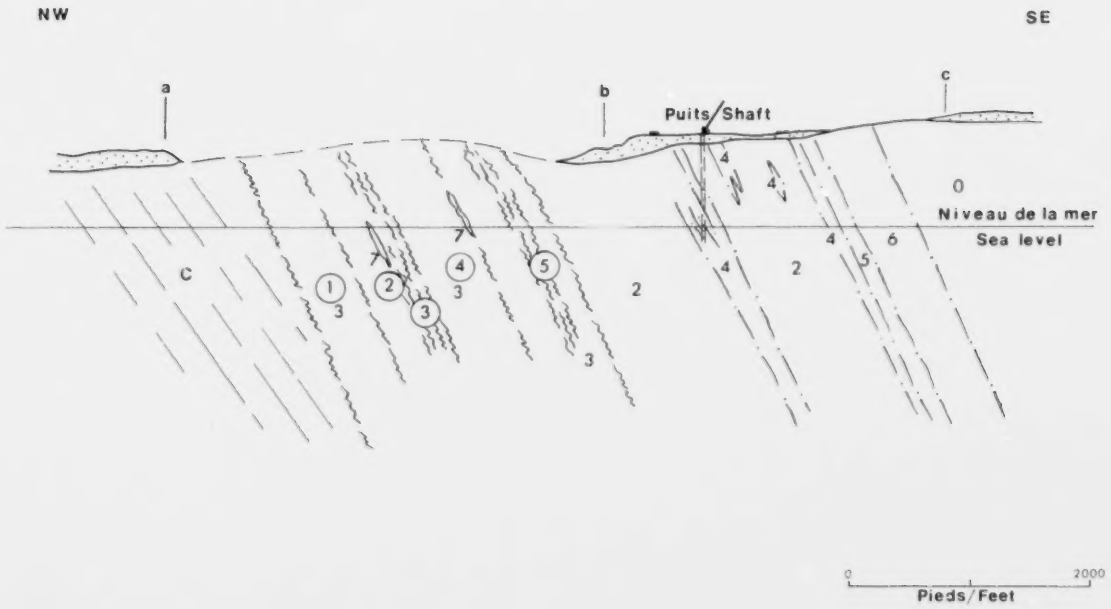


FIGURE – 7 GISEMENT JEFFREY – Coupe a – b – c (pour la legende,sereferer à la Fig. – 6)
JEFFREY DEPOSIT – Cross-section a – b – c (for legend refer to Fig. – 6)

Le gisement est adjacent au mur faillé du complexe igné, alors que son toit est marqué par une large zone de cisaillement au contact entre la péridotite et la dunite qui tend à l'enrober sur trois côtés. Le gisement est donc entouré de tous les côtés par des zones de cisaillement; il est intérieurement divisé en cinq portions amiantifères par des zones de cisaillement ou d'écrasement arquées et grossièrement parallèles, ayant leurs côtés convexes vers le sud-est.

La minéralisation en amiante se présente surtout sous forme de fibres transversales dans un stockwork de veines au sein de chacune des cinq zones; les concentrations varient de quelques pourcents à 20% et la teneur moyenne est de 7 à 10%. En plus des veines de fibres, la roche serpentinisée elle-même peut renfermer une forte proportion de courtes fibres d'amiante, connues sous le nom de fibres massives, qui donnent lieu localement à une teneur totale en amiante pouvant aller jusqu'à 50%. La majeure partie de la fibre est à caractère soyeux, bien que l'on rencontre aussi de la fibre semi-rude. Environ la moitié des fibres ont une longueur qui donne des grades intermédiaires, le reste est formé d'un pourcentage relativement faible de fibres longues et d'un fort pourcentage de fibres courtes.

Le fait que ce gisement occupe une masse de harzburgite en forme de culot partiellement entourée de dunite suggère qu'il existe une importance marquée dans le caractère de la roche encaissante. En présumant que la dunite ait été complètement serpentinisée au stade deutérique, elle aurait eu tendance à céder par écoulement durant les stades ultérieurs de déformation régionale, absorbant ainsi la majeure partie de la force compressive tout en permettant le développement d'un système élaboré de fractures dans la péridotite

The deposit lies adjacent to the faulted footwall of the igneous complex and its hanging-wall is marked by a broad shear zone at the contact between peridotite and dunite, which tends to envelop the deposit on three sides. Thus the deposit is bounded on all sides by shear zones and is split up, internally, into five fibre-bearing portions by arcuate and roughly parallel zones of shearing or shattering, with their convex sides toward the southeast.

The asbestos mineralization occurs mainly in the form of cross fibre in a stockwork of veins within each of the five zones, giving concentrations ranging from a few percent up to 20% and an average content of between 7 and 10%. In addition to vein fibre, the serpentinized rock itself may contain a very high amount of short asbestos fibre, known as mass fibre, that gives rise locally to a total asbestos content of as much as 50%. The bulk of the fibre is silky in character, although some semi-harsh fibre is also encountered. About half of the fibre has lengths that yield grades which fall in the intermediate range; the balance consists of a relatively low percentage of long fibre and high percentage of short fibre.

The fact that this deposit occupies a plug-like mass of harzburgite partially enveloped by dunites suggests that there is a marked significance in the character of the host rock. Assuming that the dunite had been completely serpentinized at the deuteric stage, it would have tended to fail by flowage during the late stages of regional deformation, absorbing much of the compressive stress, while allowing the enclosed peridotite to develop an extensive fracture system. The zones of shearing and shattering within the

qu'elle entoure. L'emplacement des zones de cisaillement et d'écrasement dans la péridotite a probablement été influencé par les zones de faiblesse le long desquelles se trouvent les masses felsiques, ce qui a donné naissance à une série de cisaillements parallèles, entre lesquels la fracturation dans des zones de dilatation offrait des conditions idéales à la formation de veines d'amiante.

peridotite were localized by those zones of weakness along which the felsic masses are found, giving rise to a series of parallel shears, between which fracturing in zones of dilation offered the ideal conditions for asbestos vein formation.

GISEMENT NICOLET

Le gisement Nicolet, situé sur les lots 20 et 21 du rang XI du canton de Tingwick, un peu au nord-ouest de la ligne du canton de Wotton, a été exploité pendant une trentaine d'années soit jusqu'en 1968.

Ce gisement repose dans une péridotite serpentinisée, près de son contact nord. On n'observe aucune roche granitique au sein ou en bordure de ce gisement dont la forme lenticulaire mesure 3100 pieds de longueur, 300 pieds de largeur en moyenne, et 600 pieds de profondeur. Il accuse une direction N80°E et un pendage de 80° vers le sud. Une large zone de cisaillement au contact forme le mur du gisement, alors qu'une courbure bien définie dans le contact à son extrémité est a pu avoir une certaine influence sur le développement d'une zone de fractures favorable à la formation des veines dans cette région. La fibre transversale s'est formée en veines relativement minces, résultant dans la plupart des cas en un produit de courte longueur.

NICOLET DEPOSIT

The Nicolet deposit, situated in lots 20 and 21, range XI of Tingwick township, just northwest of the Wotton township line, operated for about 30 years prior to its closure in 1968.

The host rock is partially serpentinized peridotite, and the deposit lies adjacent to the north contact. No granitic rocks occur in or adjacent to this deposit, which has a lenticular shape with a length of 3100 feet, an average width of 300 feet, and depth of 600 feet. The axis has a strike of N80°E and dips at 80°S. A broad shear zone at the contact forms the footwall of the deposit, and a sharp bend in the contact at its eastern end may well have had some bearing on the development of a fracture zone favorable to vein formation in this particular area. The cross fibre formed in veins that are relatively narrow, yielding, for the most part, a rather short product.

SECTEUR CENTRAL

Les roches ultramafiques et mafiques de ce secteur affleurent sur une largeur de 6 à 7 milles et, même si la séquence est semblable à celle du secteur sud-ouest, sa largeur maximum, qui est d'environ 6 fois celle affleurant près d'Asbestos, est en partie attribuable à l'attitude peu inclinée des unités à cet endroit. La possibilité que l'emplacement de cet assemblage se soit fait en deux stades ne doit pas être écartée. Quoi qu'il en soit, les relations de contact sont beaucoup plus complexes dans ce secteur et peuvent résulter de l'intrusion successive de matériel du manteau ou du chevauchement d'une séquence sur une autre (fig. 8).

Le membre péridotitique, qui repose sur le flanc nord-ouest du complexe igné, affleure sur une largeur moyenne d'environ 2 milles et sur une longueur continue de 10 milles; d'autres séquences plus minces affleurent au sud-ouest sur une distance additionnelle de 14 milles. De petites masses irrégulières de dunite, de quelques pieds à plusieurs centaines de pieds de longueur, sont parsemées à travers la masse de péridotite. Au sud-est, la péridotite passe progressivement à une unité de dunite qui s'étend sur une distance de 5 milles en direction sud-ouest depuis le nord du lac Caribou et qui affleure sur une largeur atteignant 5000 pieds. Le contact entre ce membre dunitique et la pyroxénite adjacente traverse un terrain peu élevé et dépourvu d'affleurement. Au nord du lac Caribou, le contact entre la péridotite et la pyroxénite n'affleure pas. On a présumé que ces contacts marquaient la trace d'une faille de chevauchement le long de laquelle les roches ignées du sud-est auraient chevauché sur ou sous celles du nord-ouest.

CENTRAL SECTOR

In this sector the ultramafic and mafic rocks are exposed over widths of 6 to 7 miles, and, although the sequence is similar to that found in the southwest sector, the greater width, some 6 times that exposed in the vicinity of Asbestos, may be due in part to the relatively flat-lying attitudes of the units. The possibility that the emplacement of this assemblage involved two stages should also be considered. In any event, the contact relationships in this region are far more complex, and may be the result of successive intrusions of mantle material or the thrusting of one sequence over the other (Fig. 8).

The peridotite member lies on the northwest flank of the igneous complex and is exposed over an average width of about 2 miles and a continuous length of 10 miles, with additional exposures to the southwest of lesser widths for another 14 miles. Small, irregularly shaped bodies of dunite, from a few feet up to several hundred feet long, are scattered through the mass of the peridotite. To the southeast, the peridotite grades into a dunite member which extends southwestward from just north of Caribou lake for about 5 miles and is exposed over widths of as much as 5000 feet. The contact between this dunite member and the adjacent pyroxenite lies in low ground and is nowhere exposed; nor is there any exposure of the contact between the peridotite and pyroxenite north of Caribou lake. It has been assumed that both of these contacts represent the trace of a thrust fault along which the igneous rocks to the southeast were either thrust over, or under, those to the northwest.

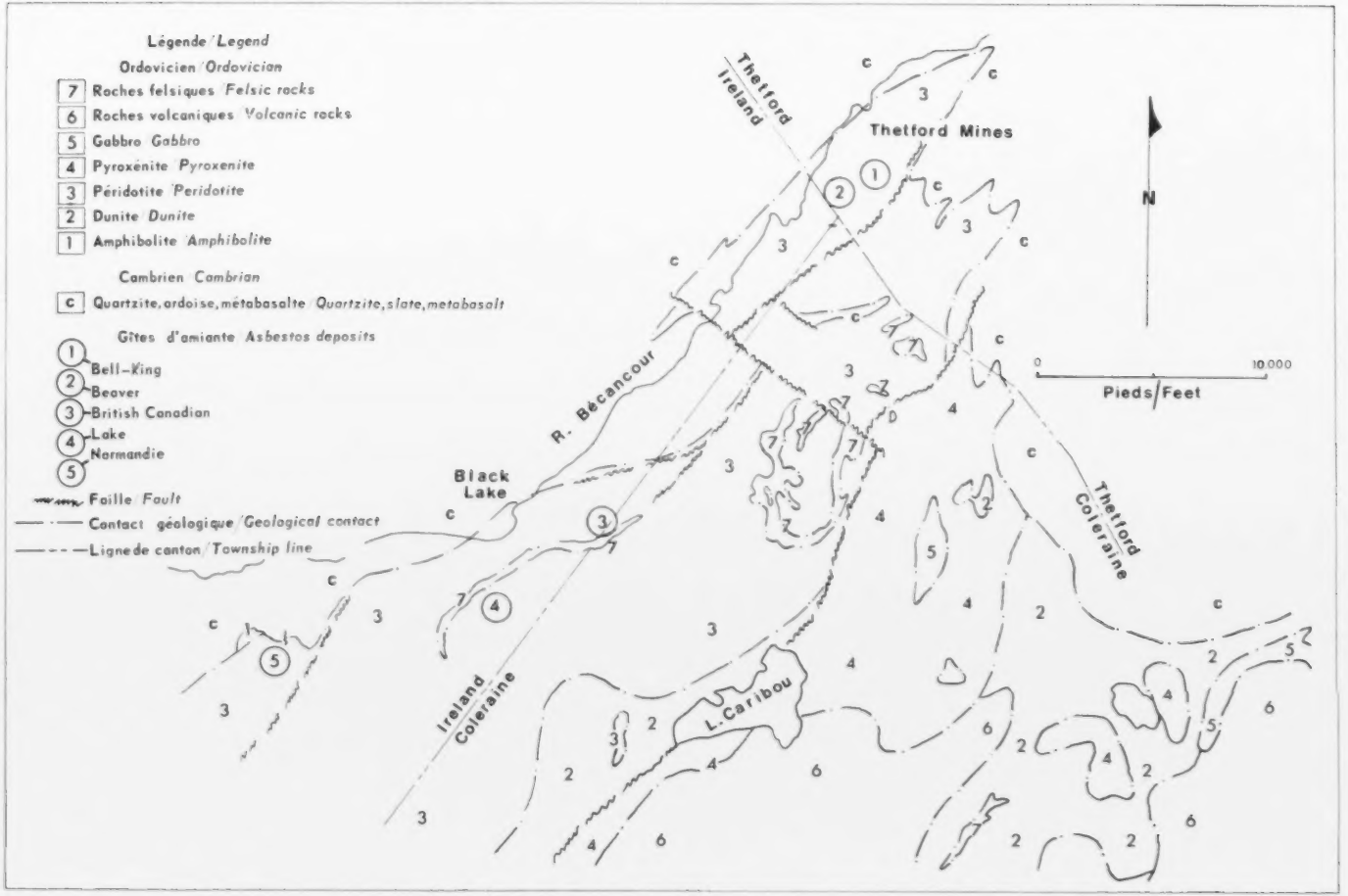


FIGURE – 8 SECTEUR CENTRAL
CENTRAL SECTOR

Dans le cas de la péridotite et de la dunite, les largeurs exposées précédemment citées ne représentent pas nécessairement leurs véritables épaisseurs. Le contact nord-ouest de la péridotite accuse généralement un pendage abrupt vers le nord-ouest ou vers le sud-est et semble être grossièrement concordant à la stratification des roches métasédimentaires. Un peu à l'ouest du lac Caribou, on trouve une petite région de péridotite située à l'ouest de la crête d'une colline nord-sud (colline Provençal); elle est accompagnée de dunite le long du côté est, à travers l'éperon vers le nord et à la base des pentes entourant la péridotite comme un îlot, suggérant que le pendage du contact entre ces deux types de roches est relativement faible.

De plus, lorsque considéré en rapport avec la topographie, la trace du contact entre la dunite et la masse principale de péridotite à l'ouest du lac Caribou suggère un faible pendage vers le nord-ouest, s'atténuant davantage au voisinage de la rive nord-ouest du lac Caribou. On peut alors assumer que la péridotite a une épaisseur véritable de l'ordre de 5000 pieds et qu'elle repose sur une bande de dunite de 1000 pieds ou plus d'épaisseur.

Les grandes masses tabulaires de roches granitiques et de roches associées trouvées au sein de la péridotite ont un pendage relativement horizontal. La masse au sud de Black Lake accuse un faible pendage vers le nord-ouest près de son extrémité sud-ouest et devient plus abrupt à sa limite nord-est. Les dykes de granite situés à 2 milles à l'est de Black Lake semblent également reposés presqu'à l'horizontal (fig. 27), tout comme la masse occupant le sommet de la colline de Granite, à environ 2 milles au sud de Thetford Mines. Il y a amplement d'indices qui

The exposed widths cited for the peridotite and the dunite are not an indication of their true thickness. The northwest contact of the peridotite is generally steep dipping, to the northwest in some places and to the southeast in others, and appears to be roughly conformable with the bedding in the metasedimentary rocks. Just west of Caribou lake, there is a small area of peridotite situated to the west of the crest of a north-south ridge (Provençal hill) with dunite along the east side, across the spur to the north and the lower slopes, surrounding the peridotite as an "outlier", suggesting that the contact between these two rock types is relatively flat in this area.

Furthermore, the trace of the contact to the west of Caribou lake, between the dunite and the main body of peridotite, when related to the topography, suggests that this contact has a gentle dip to the northwest and flattens out in the vicinity of the northwest shore of Caribou lake. On this basis it may be assumed that the true thickness of the peridotite is in the order of 5000 feet, with an underlying layer of dunite of 1000 feet in thickness or more.

The larger tabular bodies of granitic and related rocks within the peridotite are relatively flat lying. The one to the south of Black Lake dips gently northwest near its southwest end, but steepens at its northeast end. The granite dykes 2 miles east of Black Lake also appear to be nearly flat lying (Fig. 27), as is the body which occupies the top of Granite hill, about 2 miles south of Thetford Mines. There is ample evidence within the gabbro, pyroxenite, and dunite sequence to the southwest, that these are chiefly flat lying in this particular area, and the

montrent que les unités de la séquence de gabbro, de pyroxénite, et de dunite au sud-ouest reposent principalement en position horizontale dans cette région, et la trace de la faille de chevauchement les séparant de la péridotite et de la dunite au nord-ouest, lorsque reliée à la topographie, semble inclinée vers le nord-ouest. La pyroxénite et le gabbro semblent atteindre une épaisseur de 500 pieds chacun.

Tous les gîtes d'amiante du secteur central sont reliés à la masse principale de péridotite et sont pour la plupart situés non loin ou juste en bordure du contact nord-ouest (fig. 8).

trace of the thrust fault separating these from the peridotite and dunite to the northwest, when related to the topography, appears to be dipping to the northwest. The pyroxenite and gabbro appear to reach thicknesses of 500 feet each.

All of the asbestos deposits in the central sector are related to the main peridotite mass and for the most part are situated near to, if not adjacent to, the northwest contact (Fig. 8).

GROUPE DE THETFORD MINES

Un important groupe de gisements se trouve près de la limite nord-est de la péridotite sur les lots 26, 27 et 28 des rangs V et VI, canton de Thetford; sur les lots 26 des rangs IX et X, canton d'Ireland, et sur les lots 31 et 32, rang C du canton de Coleraine. Les gisements sont situés dans une zone d'environ 6000 pieds de longueur par 2500 pieds de largeur (fig. 9) et leurs directions sont parallèles au grand axe de la masse de péridotite. La première exploitation de ces gisements fut tentée en 1878 et s'est poursuivie jusqu'à nos jours. L'Asbestos Corporation Ltd. exploite les mines King et Beaver, maintenant connues comme King-Beaver, alors que la Bell Asbestos Mines Ltd. exploite la portion Bell du gisement Bell-King.

Le gisement Bell-King est de loin le plus gros, le plus riche et le plus profond du secteur central et, dans la chaîne entière, vient au second rang en importance après celui de la mine Jeffrey. Le trou de forage le plus profond a été implanté jusqu'au niveau de 1800 pieds

THETFORD MINES GROUP

An important group of deposits occurs near the northeast end of the peridotite in lots 26, 27 and 28 of ranges V and VI in Thetford township; in lots 26, of ranges IX and X in Ireland; and in lots 31 and 32, range 'C', Coleraine township. The deposits are situated in a zone about 6000 feet long by 2500 feet wide (Fig. 9), striking parallel to the long axis of the peridotite mass. The first attempt at mining these deposits was made in 1878 and production has continued ever since. Asbestos Corporation Ltd. operates the King and Beaver mines, now known as the King-Beaver, while Bell Asbestos Mines Ltd. mines the Bell portion of the Bell-King deposit.

The Bell-King deposit is by far the largest, richest and deepest in the central sector, and in the belt as a whole is second only to the Jeffrey in size. The deepest drill holes extend to 1800 feet beneath the surface without having established the downward

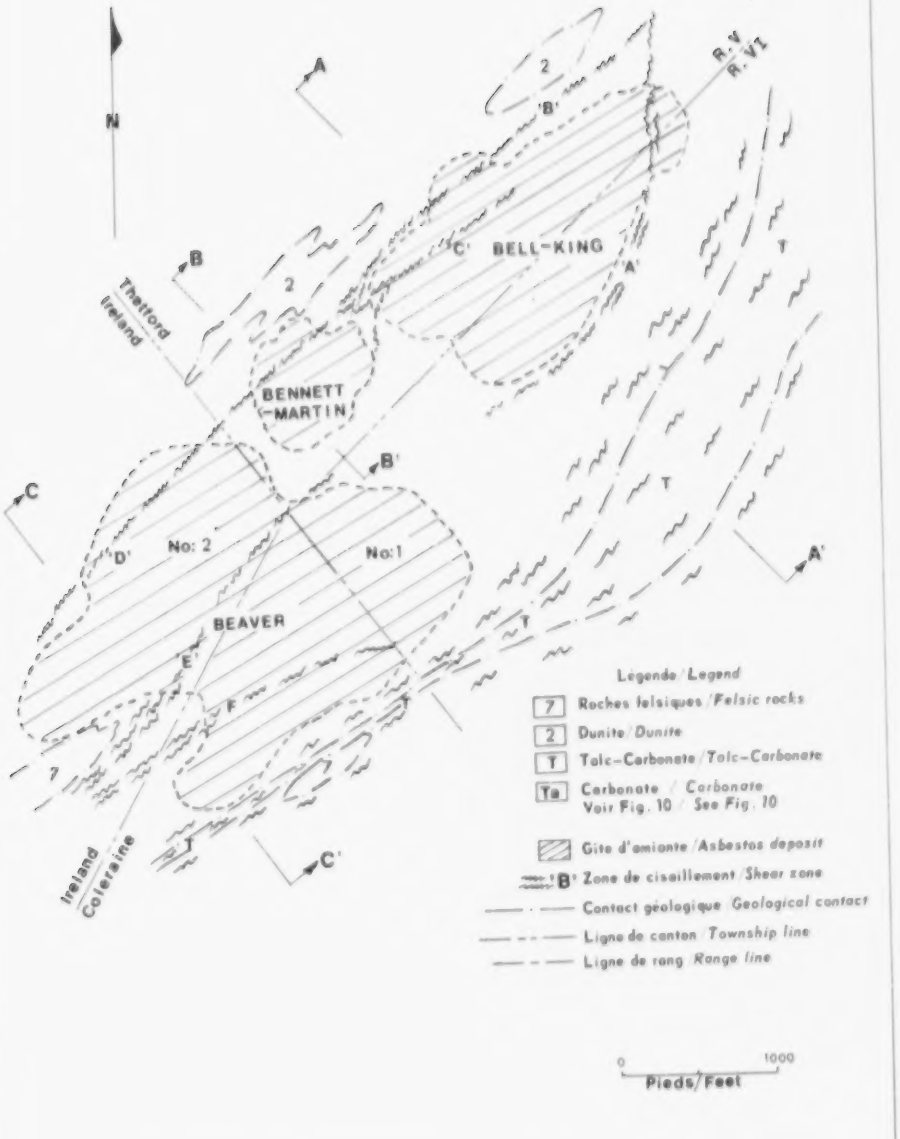


FIGURE – 9 GROUPE DE THETFORD MINES
THETFORD MINES GROUP

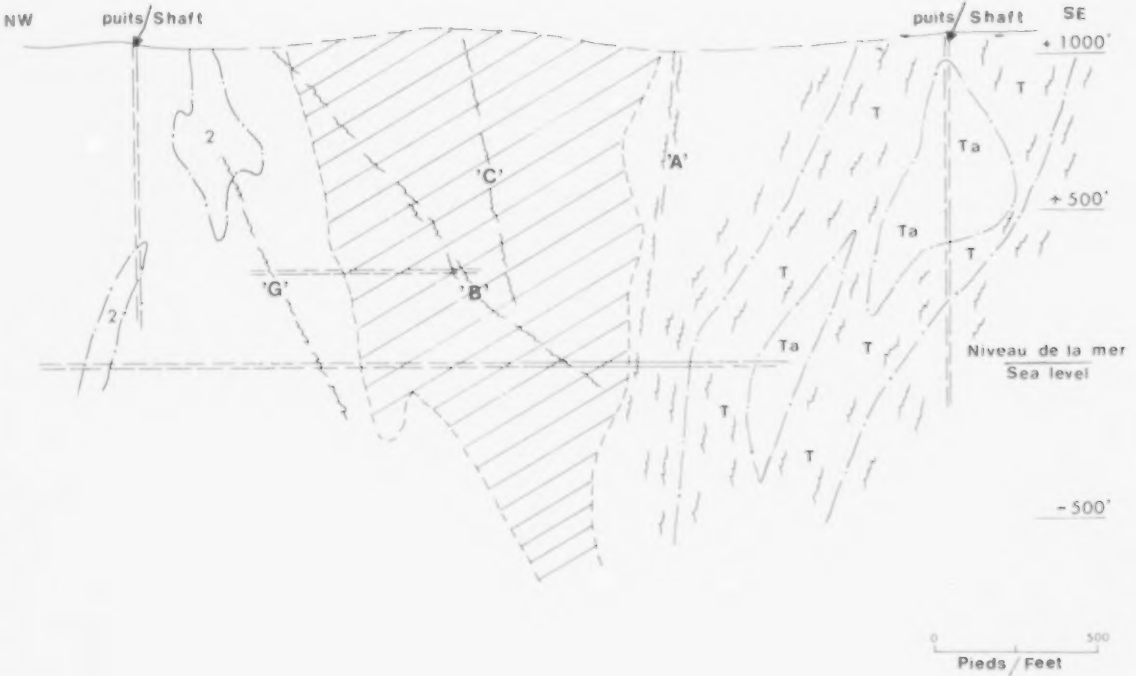


FIGURE – 10 GROUPE DE THETFORD MINES – Coupe A – A' (Fig. 9) – Gisement BELL–KING (Se référer à la fig. 9 pour la légende)
THETFORD MINES GROUP – Cross–section A – A' (Fig. 9) – BELL–KING deposit (For legend refer to fig. 9)

sous la surface et n'a pas atteint la limite inférieure de la zone minéralisée. Les gisements Bennett- Martin et Beaver sont séparés l'un de l'autre et du gisement Bell-King par de la roche stérile, fortement cisaillée en plusieurs endroits. Une campagne d'exploration récente dans la région séparant les gisements Bell-King et Beaver No. 1 a toutefois démontré la présence de petites poches de minerai en profondeur. Ni l'un, ni l'autre des gisements Bennett-Martin ou Beaver No. 1 ne dépassent de beaucoup les 400 pieds de profondeur, bien que le premier ait une racine en forme de cheminée de plus de 1000 pieds de profondeur (fig. 11). Même si le gisement Beaver No. 2 est considérablement plus petit que le gisement Beaver No. 1, il s'étend jusqu'à une profondeur de près de 1000 pieds (fig. 12).

limits of the fibre zone. The Bennett-Martin and Beaver deposits are separated from the larger deposit and from each other by relatively barren and, in many places, highly sheared rock. Recent exploration, however, in the area between the Bell-King and Beaver No. 1 deposits, has disclosed the presence of some small pockets of ore at depth. Neither the Bennett-Martin nor the Beaver No. 1 deposits have depths much in excess of 400 feet, although the former has a narrow pipe-like root which extends to a depth of 1000 feet (Fig. 11). Even though the Beaver No. 2 deposit is appreciably smaller than the Beaver No. No. 1 deposit, it extends to a depth of nearly 1000 feet (Fig. 12).

L'importance relative des différents gisements d'amiante de Thetford est bien illustrée par les chiffres approximatifs des tonnages qui suivent:

The relative magnitude of the various Thetford deposits is best illustrated by the following approximate tonnage figures:

Gisements d'amiante *Asbestos deposits*	Contenu original *Original content*	Réserves actuelles *Present reserves*
Bell-King	170 000 000 tonnes	40 000 000 tonnes
Beaver No. 1	50 000 000 tonnes	nil
Beaver No. 2	30 000 000 tonnes	20 000 000 tonnes
Bennett-Martin	9 000 000 tonnes	1 000 000 tonnes

TYPES DE ROCHES

Même si elle est relativement fraîche jusqu'à une profondeur de 300 pieds dans certains gisements, la péridotite encaissante est dans la plupart des cas complètement serpentinisée. Plusieurs grosses lentilles de dunite sont situées un peu au nord-ouest de la zone de fibres et lui sont parallèles. On trouve également des concentrations de dunite variant de quelques pouces à plusieurs centaines de pieds de dimension à travers la zone de fibres. La

ROCK TYPES

Although comparatively fresh to a depth of 300 feet in some of the deposits, the peridotite host rock is, for the most part, completely serpentinized. Several large lenses of dunite are situated just northwest of the fibre zone and parallel to it. Concentrations of dunite occur throughout the fibre zone and range in size from a few inches to several hundred feet. The dunite is completely serpentinized. These concentrations have assumed very irregular

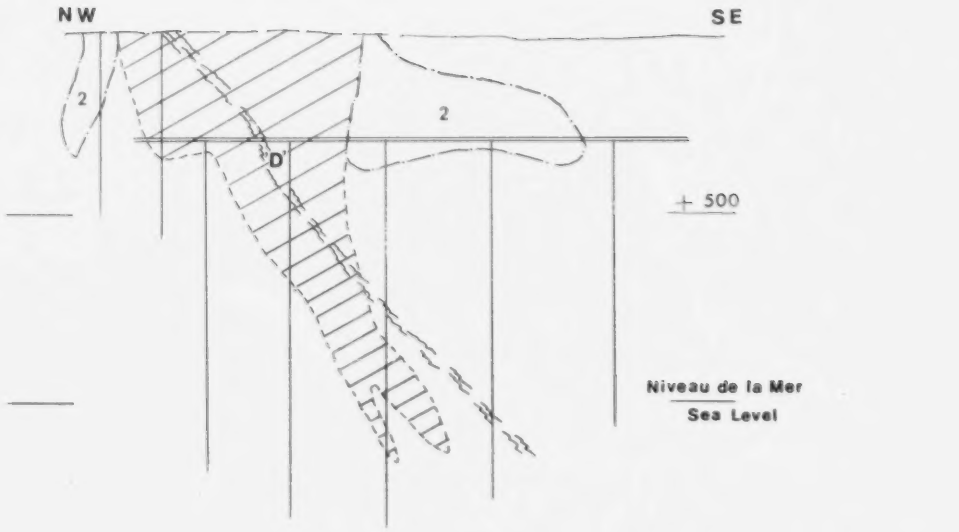
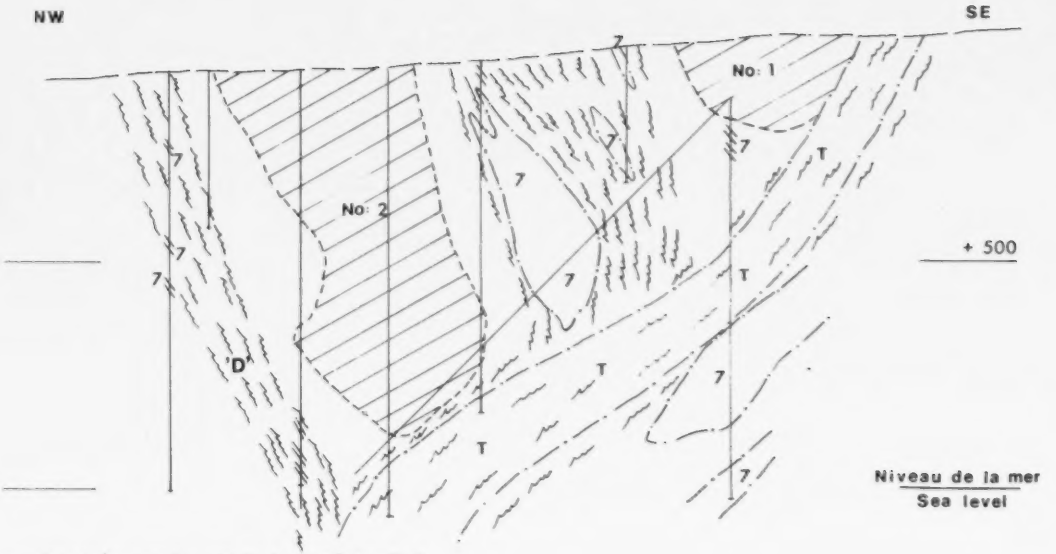


FIGURE – 11 GROUPE DE THETFORD MINES – Coupe **B – B'** (Fig. 9) Gisement Bennett–Martin (Se référer à la fig. 9 pour la légende)
THETFORD MINES GROUP – Cross–section **B – B'** *(Fig. 9) Bennett–Martin deposit (For legend refer to fig. 9)*



NOTE : Un forage récent indique que la partie du gisement Beaver No 1, près de la faille de Thetford, pourrait se prolonger en profondeur.

Recent drilling has indicated the possibility of a deep extension to part of the Beaver No 1 deposit that lies close to the Thetford fault

FIGURE 12 – GROUPE DE THETFORD MINES – Coupe C – C' (Fig. – 9) Gisement Beaver (Se référer à la Fig. 9 pour la légende)

THETFORD THETFORD MINES GROUP – Cross – section C – C' (Fig. – 9) Beaver deposit (For legend refer to Fig. 9)

dunite est complètement serpentinisée. Ces concentrations ont adopté des formes très irrégulières et ne semblent pas être distribuées selon un patron particulier. Au sein des gisements eux-mêmes, les masses de dunite sont généralement de petite dimension.

shapes and do not appear to be distributed in any sort of pattern. Within the ore bodies themselves, the dunite masses are usually small in size.

De nombreuses masses felsiques sont associées aux gisements d'amiante. Certaines d'entre-elles ont la forme de dykes, mais leur diminution dans une direction donnée n'est habituellement pas prononcée. Ces masses sont généralement discontinues et ont des formes très contortionnées. Leurs longueurs varient de quelques pieds à 300 pieds, alors que leurs largeurs sont inférieures à 100 pieds. Elles ont tendance à s'élargir et à s'amincir sur de courtes distances et à se terminer en biseau ou en rond. De nombreuses petites portions satellitiques accompagnent plusieurs grosses masses. A prédominance leucocratique, plusieurs d'entre-elles renferment une forte proportion de biotite et peuvent passer graduellement dans leurs parties les plus minces à une roche formée presque entièrement de biotite.

There are numerous felsic masses associated with the asbestos deposits, some of which assume dyke-like forms, but usually their attenuation in any particular direction is not pronounced. These bodies generally lack continuity and have very contorted shapes. Their lengths range from a few feet up to 300 feet, while their widths are less than 100 feet. They tend to swell or pinch out abruptly, with wedge-shaped or broadly rounded terminations. Numerous small satellitic portions accompany many large masses. Predominantly leucocratic, many of them contain a high proportion of biotite and may grade in their narrower parts into a rock composed almost entirely of biotite.

Bien que ces roches felsiques soient abondamment distribuées à travers la région, elles sont habituellement limitées aux portions des roches ultramafiques ayant été complètement serpentinisées. Elles se trouvent à l'intérieur et à l'extérieur des masses de minerai, mais elles sont plus nombreuses à l'intérieur. Leurs positions coïncident en quelque sorte avec les zones de cisaillement de la principale zone de minerai et leur distribution habituelle est telle que la majorité de ce matériel felsique est concentré en bordure des masses de minerai. Là, où il y a des concentrations de ces masses felsiques au sein d'une masse de minerai, il en résulte généralement des zones stériles découpant le gisement en un certain nombre de petites colonnes de minerai.

These felsic rocks are widely distributed throughout the area but are usually confined to those portions of the ultramafic rocks which have undergone complete serpentinization. They occur both within and outside of the ore bodies, and are more numerous within the ore zones than without. To some extent their location coincides with shear zones within the main ore zone, and their general distribution is such that the bulk of this felsic material is concentrated at the fringes of the ore bodies. Where there are concentrations of these felsic masses within an ore body, they have generally resulted in barren zones which have tended to carve the deposit up into a number of ore shoots.

Plusieurs masses granitiques en bordure de l'extrémité sud des gisements Beaver sont beaucoup plus volumineuses que la multitude de 'dykes' feldspathiques.

ALTERATION

Tel que noté précédemment, la majorité de la péridotite encaissante fut transformée en serpentine. La roche près de la surface et la majeure partie de la masse rocheuse reposant entre la zone de minerai et le contact avec la roche encaissante au nord-est n'ont toutefois été que partiellement serpentinisées. L'altération en talc et carbonate est limitée au terrain reposant en bordure sud-est du gisement et a affecté une zone variant de 50 à 700 pieds de largeur. La zone d'altération est un trait persistant et remarquable en association avec les gîtes de Thetford; on a pu la suivre sur une longueur de plus de deux milles et demi. C'est généralement le talc qui prédomine mais, un peu en bordure du gisement Bell-King, où la zone atteint sa largeur maximum, le noyau est formé d'une masse lenticulaire de carbonate massif de 400 pieds de largeur. Le pendage de la zone entière varie de 55 à 60° vers le nord-ouest et est plus prononcé en profondeur.

STRUCTURE

La zone de talc et carbonate marque probablement la présence d'une zone de failles de chevauchement. Entre cette zone et la zone de minerai, au sud-est, la péridotite est écrasée et cisaillée. La position et l'attitude de la zone de talc et carbonate sont telles que les gîtes de Thetford reposent le long de son toit, du côté sud-est. Les autres zones de cisaillement et d'écrasement moins persistantes montrées sur la figure 9 sont des zones subsidiaires de la zone majeure de

Several granitic masses adjacent to the south end of the Beaver deposits are appreciably larger in size than the swarms of feldspathic 'dykes'.

ALTERATION

As previously noted, the peridotite host rock has been largely converted to serpentine. However, the near-surface rock and much of the rock mass lying between the ore zone and the country-rock contact to the northeast was only partially serpentinized. Talc-carbonate alteration is confined to the ground lying along the southeast side of the deposits, and has affected a zone ranging in width from 50 feet up to 700 feet. This alteration zone is a very persistent and prominent feature associated with the Thetford deposits, and has been traced for a length of more than two and a half miles. Generally, talc predominates but immediately adjacent to the Bell-King deposit, where the zone attains its greatest width, the core consists of a lenticular body of massive carbonate, 400 feet across. The zone as a whole dips northwest at from 55 to 60°, with steeper dips at depth.

STRUCTURE

The talc-carbonate zone marks the presence of what is probably a zone of thrust faulting. To the southeast of the zone and between it and the ore zone, the peridotite is shattered and sheared. The position and attitude of the talc-carbonate zone are such that the Thetford deposits lie along its northeast, or hanging-wall, side. The other less persistent zones of shearing or shattering shown on Figure 9 are subsidiary to the major thrust zone and either dip toward the southeast or are

cisaillement et ont un pendage vertical ou prononcé vers le sud-est. On a pu suivre les zones de cisaillement "A", "B" et "C" sur un demi-mille ou plus le long de leur direction et les zones "A" et "B" à des profondeurs de 1300 pieds sous la surface, où se trouvent les travaux les plus profonds. Contrairement aux autres zones, les roches felsiques ne semblent pas directement associées à la zone "A". Règle générale, bien qu'associées en plusieurs endroits à des zones de cisaillement et d'écrasement, ces masses felsiques ne leur sont pas restreintes. Il semblerait que la présence de ces masses felsiques ait favorisé le cisaillement juste à ses côtés et, étant donné que leur distribution et leur forme sont très irrégulières, les zones d'écrasement semblent elles aussi d'une grande irrégularité. Ces zones subsidiaires ont tendance à s'amincir, à s'élargir et à disparaître; elles accusent de plus des variations prononcées quant à leur direction et leur pendage. Certaines portions de ces zones reposent en bordure de certains gisements et en épousent grossièrement les contours, bien que l'on retrouve des lentilles de minerai au-delà des zones de cisaillement elles-mêmes. Des zones de cisaillement recoupantes peuvent aussi diviser les masses de minerai en plusieurs portions.

nearly vertical. Shear zones "A", "B" and "C" have been traced for a half mile or more along their strikes, and zones "A" and "B" have been followed to 1300 feet below the surface, where the deepest workings exist. Unlike the other zones, felsic rocks do not appear to be directly associated with zone "A". Generally speaking these felsic masses, although associated in several places with the various shear or shatter zones, are by no means confined to them. It would seem that the prior presence of these felsic bodies has tended to localize shearing to their immediate vicinity, and as their distribution and forms are most irregular, the shatter zones likewise appear to display marked irregularities. These subsidiary zones tend to pinch, swell, fade out, and have pronounced rolls in both dip and strike. Some parts of these shear zones lie along the margins of ore bodies, and tend to roughly define their limits, although pockets of ore may occur beyond the actual zone of shearing. Minor cross-cutting shear zones may divide ore bodies into several portions.

GISEMENTS DE MINERAI

Les gisements de minerai de Thetford sont rectangulaires en plan, leurs grands axes sont à peu près parallèles à l'axe de la zone de minerai elle-même. Leurs côtés ont des pendages abrupts qui convergent généralement vers le bas. Cette observation est particulièrement évidente à l'extrémité nord-est du gisement Bell-King qui est limité au sud-est par la zone de cisaillement "A" et du côté nord-ouest par la zone "B". Ces deux zones de cisaillement ont un pendage convergent vers le

ORE BODIES

The Thetford ore bodies are oblong in plan, with their long axes roughly parallel to the axis of the ore zone proper. Their sides have steep dips which generally tend to converge downward. This feature is particularly evident at the northeast end of the Bell-King deposit, which is bounded on the southeast side by shear zone "A" and on the northwest by shear zone "B". These two shear zones dip toward each other and converge to the northeast, such that this end of the ore body has

nord-est de telle sorte que cette extrémité du gisement accuse un plongement prononcé vers le sud-ouest. L'extrémité sud-ouest du gisement est quasi verticale, mais elle a également un faible plongement vers le sud-ouest. La relation entre ce gisement et la zone de talc et carbonate ou la zone de faille de Thetford est illustrée à la figure 10.

Le gisement Bennett-Martin semble être étroitement associé à la zone "D" (fig. 11), dont la majeure partie repose du côté du toit de la zone de cisaillement. La portion du gisement se trouvant sous le niveau de 700 pieds est en forme de cheminée se rétrécissant en profondeur. Le toit du minerai n'est défini par aucune structure apparente. Cependant, une grosse masse de dunite stérile repose entre le gisement Bennett-Martin et le gisement Beaver No. 1 au sud-est.

Les relations entre les deux gisements Beaver et la zone de faille de Thetford sont illustrées à la figure 12. Le gisement No 2 et l'extrémité sud-ouest du gisement No 1 se terminent en profondeur à cette zone de faille et leurs bordures nord-ouest sont marquées par deux zones subsidiaires. Les deux gisements sont séparés longitudinalement par une bande de roches intensément fracturées et injectées de masses relativement grosses de roches felsiques. La proportion relativement faible de matériel felsique trouvé au sein des gisements de minerai est remarquable, surtout si on la compare aux nombreuses masses rencontrées entre les gisements et particulièrement au-delà ou en dessous des limites du minerai.

Tous les gisements de Thetford sont formés d'un stockwork de veines transversales d'amiante variant de la grosseur d'un cheveu à des largeurs de

a pronounced rake toward the southwest. The southwest end of the ore body is nearly vertical, with a slight rake toward the southwest. The relationship of this ore body to the talc-carbonate or Thetford fault zone may be seen in Figure 10.

The Bennett-Martin ore body appears to be closely associated with zone "D" (Fig. 11), lying for the most part on the hanging-wall side of this shear zone. That portion of the ore body which extends below the 700-foot horizon is pipe-like in form, occurring as a "root", pinching out in depth. The hanging-wall side of the ore is not defined by any apparent structural feature. However, a large body of relatively barren dunite lies between the Bennett-Martin ore body and the No. 1 Beaver ore body to the southeast.

The relationships between the two Beaver ore bodies and the Thetford fault zone may be seen in Figure 12. The No. 2 ore body and the southwest end of the No. 1 ore body bottom on this fault zone and their northwest margins are marked by two subsidiary shear zones. The two ore bodies are separated along their length by a belt of ground that is, for the most part, heavily shattered and has been injected by relatively large bodies of felsic rock. The relative lack of felsic material within the ore bodies, as compared to that encountered between them and generally beyond or beneath the ore limits, is quite striking.

All of the Thetford ore bodies are made up of a stockwork of cross-fibre asbestos veins ranging from a hairline to widths of 4 inches, with

4 pouces; la plupart des veines mesurent moins de trois huitièmes de pouce d'épaisseur. On récupère des quantités appréciables de fibres longitudinales et dans certaines portions des gîtes cette variété peut prédominer, comme c'est le cas le long du côté nord-ouest de Beaver No. 2. Dans les premières phases de l'exploitation, une bonne partie de la roche près de la surface n'était que partiellement serpentinisée et on y notait des zones caractéristiques d'une serpentinisation complète des deux côtés des veines. C'est dans cet environnement qu'on a rencontré des veines transversales de plusieurs pouces de largeur (fig. 13).

the majority of the veins being under three eighths of an inch thick. Appreciable amounts of slip fibre are recovered and in some portions of the deposits this variety may predominate, as is the case particularly along the northwest side of Beaver No. 2. In the early stages of mining, much of the rock encountered near the surface was only partially serpentinized and the characteristic alteration zones of complete serpentinization occurred on either side of the veins. It was in this environment that cross-fibre veins, several inches wide, were encountered (Fig. 13).

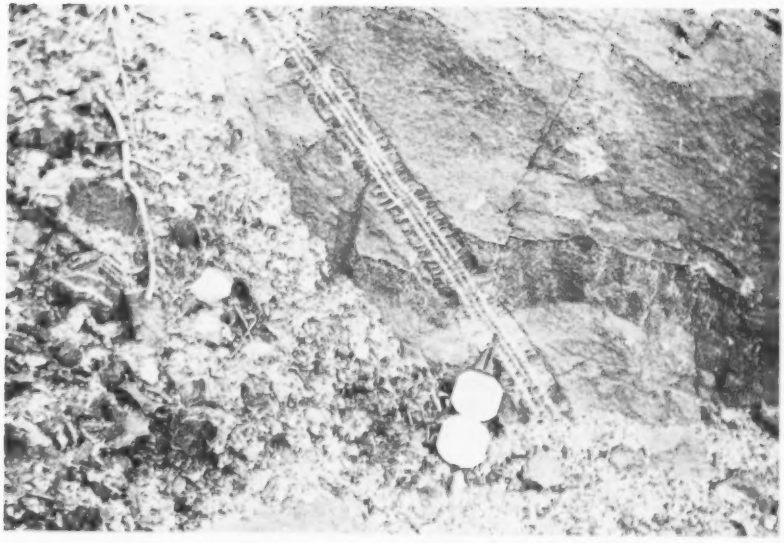


FIGURE 13 - Veine d'amiante d'une largeur de 3/8 de pouce (à la pointe de la boussole) accompagnée de larges épontes de serpentine dans de la péridotite partiellement serpentinisée. Les bandes plus pâles sont formées d'hydromagnésite dérivée de bandes riches en brucite.

Asbestos vein, 3/8 inch wide (at tip of compass), accompanied by broad margins of serpentine in partially serpentinized peridotite. Lighter stripes are hydromagnesite derived from brucite-rich layers.

La picrolite, composée de grosses fibres cassantes, est un constituant commun des failles à travers les gisements; elle se présente sous forme de fibres longitudinales. Les veines de fibres transversales de picrolite sont plus nombreuses en périphérie des gisements, où les fibres transversales d'amiante ont tendance à donner lieu à du chrysotile picrolitique. Le contenu en amiante varie considérablement au sein des gisements; en moyenne, il varie de 3 à 7%, mais il peut localement atteindre 25%.

La fibre provenant des gîtes de Thetford Mines est typiquement soyeuse, contrairement aux variétés semi-rudes qui prévalent normalement dans les gisements du secteur central.

Picrolite, composed of coarse and brittle fibres, is a common component of faults throughout the ore bodies; it occurs in slip-fibre form. Cross-fibre picrolite veins are more numerous on the perimeters of the ore bodies, where cross-fibre asbestos tends to give way to picrolitic chrysotile. The content of asbestos within the deposits is highly variable; on the average it ranges from 3 to 7%, but may locally be as high as 25%.

The fibre from the Thetford Mines deposits is characteristically 'silky', as opposed to the semi-harsh varieties normally prevalent in the deposits of the central sector.

GROUPE DE BLACK LAKE

Ce groupe de gîtes d'amiante occupe une région d'environ 3 milles de long par 2500 à 4000 pieds de large, un peu au sud-ouest et au sud de la ville de Black Lake (fig. 14); il comprend les gisements British Canadian et Edith de l'Asbestos Corporation Ltd. ainsi que les gisements Lake exploités par la Lake Asbestos of Quebec Ltd. Ce dernier nom est dérivé du fait que ces dépôts reposaient au fond du lac Noir (Black lake) qu'on a dû d'abord drainer. Le grand axe de la zone renfermant ces gîtes est parallèle au contact nord-ouest entre la péridotite et les roches métasédimentaires et chevauche la limite entre les cantons d'Ireland et de Coleraine. Un dyke granitique, également parallèle à ce contact sur toute sa longueur, montre de grandes variations quant à son épaisseur et disparaît complètement par endroits. Ce dyke a un pendage vers le sud-est dans la plupart de sa moitié nord-est, et vers le nord-ouest et vers l'ouest dans l'autre moitié.

BLACK LAKE GROUP

This group of asbestos deposits occupies an area roughly 3 miles long by 2500 to 4000 feet wide, just to the southwest and south of the town of Black Lake (Fig. 14), and includes the British Canadian and Edith deposits of Asbestos Corporation Ltd. and the Lake deposits being mined by Lake Asbestos of Quebec Ltd. The latter name derives from the fact that these deposits lay beneath the bed of Black lake, which was subsequently drained. The long axis of the zone containing these deposits parallels the northwest contact between peridotite and metasedimentary rocks and straddles the boundary between Ireland and Coleraine townships. Also, roughly paralleling this contact throughout its length, is a granitic dyke which displays extreme variations in width, pinching out entirely in places. This dyke dips to the southeast in most of its northeastern half, and to the northwest and west in the other half.

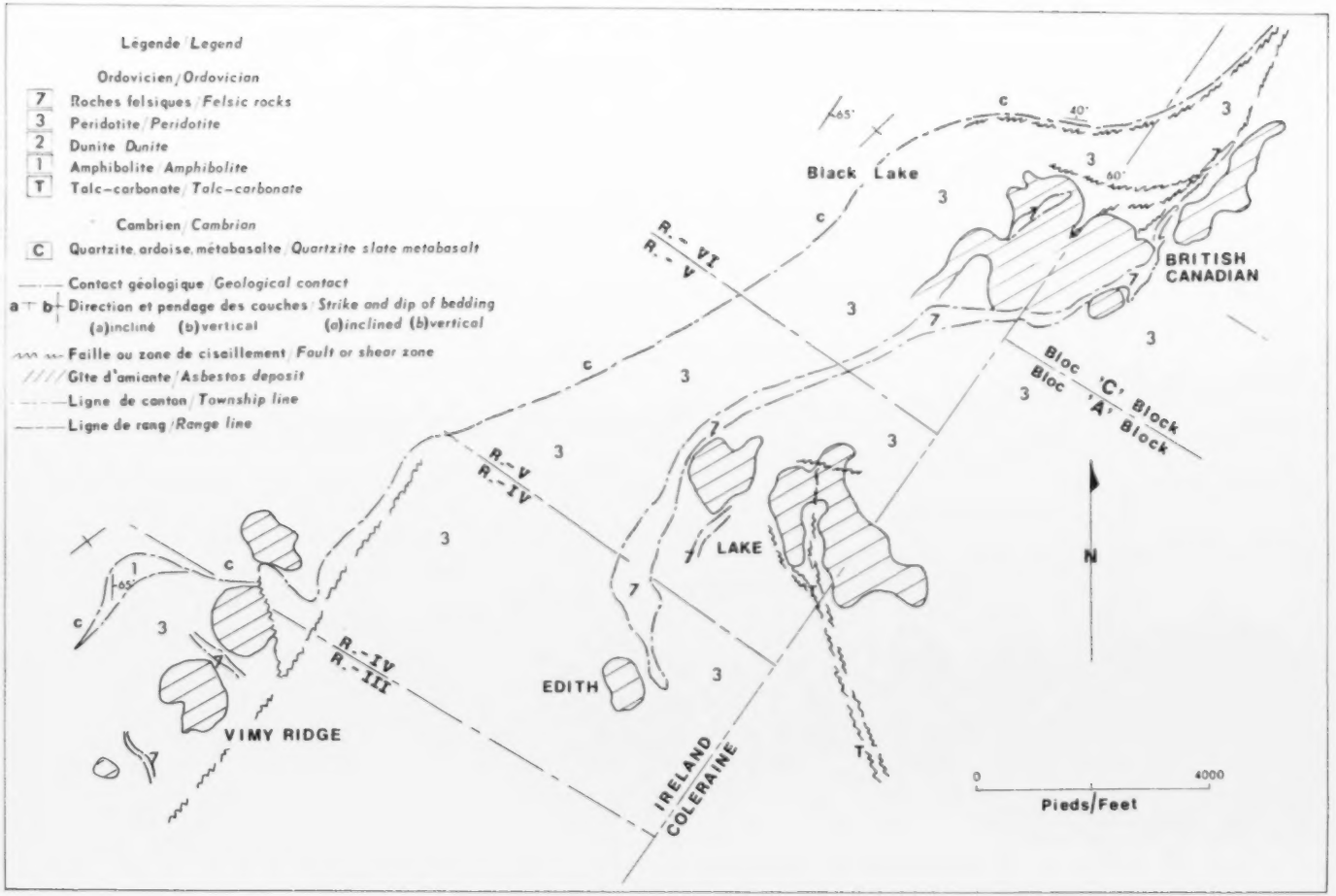


FIGURE – 14 GROUPE DE BLACK LAKE
BLACK LAKE GROUP

Les réserves actuelles de minerai du gisement British Canadian se chiffrent approximativement à 50 000 000 tonnes et on peut présumer que les réserves du gisement Lake sont du même ordre de grandeur.

Ore remaining in the British Canadian deposit amounts to approximately 50 000 000 tons and it may be presumed that the Lake deposit has a reserve of similar magnitude.

GISEMENT BRITISH CANADIAN

Ce gisement occupe une superficie approximative de 7000 pieds de long par 2500 pieds de large et s'étend jusqu'à une profondeur de 1500 pieds. Il repose en partie sur les rangs VI et VII du canton d'Ireland et en partie sur le rang B et le bloc B du canton de Coleraine.

BRITISH CANADIAN DEPOSIT

This deposit occupies an area approximately 7000 feet long by 2500 feet wide and has a vertical range of 1500 feet, lying partly in ranges VI and VII of Ireland, and partly in range B and block B, of Coleraine township.

On a découvert ce gisement peu de temps après ceux de Thetford Mines et la propriété actuelle est le résultat de l'amalgamation d'un certain nombre de plus petites exploitations. On évalue son contenu initial à près de 150 000 000 tonnes de minerai.

The deposit was discovered soon after those of Thetford Mines and the present property is the result of an amalgamation of a number of smaller operations. It is estimated to have contained close to 150 000 000 tons of ore.

Dans son ensemble, le gisement possède un axe majeur de direction nord-est, à peu près parallèle au contact de la péridotite reposant à quelque 500 à 1000 pieds au nord-ouest de la portion de la zone minéralisée affleurant en surface.

The deposit, as a whole, has a major axis which strikes northeast, roughly parallel to the peridotite contact which lies some 500 to 1000 feet to the northwest of the outcrop of the ore zone.

TYPES DE ROCHES

La roche encaissante est une harzburgite renfermant de 10 à 15% d'enstatite. Elle est uniformément altérée et contient de 30 à 40% de serpentine. A l'intérieur et le long des zones de cisaillement et en bordure des masses felsiques, la roche a été complètement serpentinisée. En bordure des veines d'amiante, la serpentinisation est totale et atteint une épaisseur équivalant à plusieurs fois la largeur de la veine. On note la présence de plusieurs masses irrégulières de dunite; la plus grande a une longueur de

ROCK TYPES

The host rock is a harzburgite containing 10 to 15% enstatite. It has been uniformly altered and contains some 30 to 40% serpentine. In shear zones, and adjacent to these and to the felsic masses, the rock has been completely serpentinized. Adjacent to asbestos veins, serpentinization is complete to depths several times the width of the vein. Numerous irregular-shaped bodies of dunite are present, the largest of which is 1600 feet long and 800 feet in maximum width near the surface, dividing up at depth

1600 pieds et une épaisseur maximum de 800 pieds près de la surface, et se divise en profondeur en plusieurs lentilles isolées. La majeure partie des lentilles de dunite sont complètement serpentinisées et généralement orientées avec leur grand axe en direction nord-est.

Il y a plusieurs masses felsiques: la plus grosse, qui peut être suivie sur une distance de près d'un mille, atteint une épaisseur de 400 pieds. Toutes ces masses majeures accusent une direction à peu près nord-est et des pendages qui sont presque verticaux à horizontaux. Ces roches montrent une grande variété de faciès, depuis un grain fin à des textures porphyriques et pegmatitiques; un certain nombre de cette dernière variété renferme du quartz primaire sous forme de texture graphique. Localement, la biotite représente le principal constituant d'un dyke ou d'une portion d'un dyke, ou peut être presque totalement absente. La trémolite, la chlorite et le talc sont habituellement observés près de la bordure des contacts dans des zones d'une fraction de pouce à un pied de largeur, passant graduellement vers l'extérieur à la serpentine.

STRUCTURE

Au nord-est du gisement, on trouve une zone de faille bien développée le long du contact entre les roches métasédimentaires et la péridotite. Il y a un changement prononcé dans l'allure du contact juste au nord du gisement (fig. 15), où sa direction sud-ouest devient plus vers l'ouest. Il est possible que la faille de contact devienne tangentielle à ce point, produisant ainsi une structure en queue de cheval dans la région immédiatement au sud-ouest. Au sein du gisement, les nombreux dykes

into a number of isolated lenses. These dunite lenses are for the most part completely serpentinized and are generally oriented with their longer axes striking northeast.

There are numerous felsic masses. The largest of these may be traced for nearly a mile and reaches widths of 400 feet. All of these major bodies strike roughly northeast and have dips from nearly vertical to flat. These rocks display a wide range of facies, from fine grained to porphyritic and pegmatitic; a number of the latter variety containing primary quartz as a graphic intergrowth. Biotite may locally be the main constituent of a dyke, or of a portion of a dyke, or may be almost entirely absent. Tremolite, chlorite and talc are usually present immediately adjacent to the contacts, in a zone a fraction of an inch to a foot in width, grading sharply outward into serpentine.

STRUCTURE

To the northeast of the deposit, a well-developed fault zone occurs along the contact between the metasedimentary rocks and the peridotite. There is a noticeable roll (Fig. 15) immediately north of the deposit, where the southwest strike of the contact becomes more westerly, and it is conceivable that the contact fault became tangential at this point, tending to produce a "horse tail" structure in the ground immediately to the southwest. Within the ore body itself,

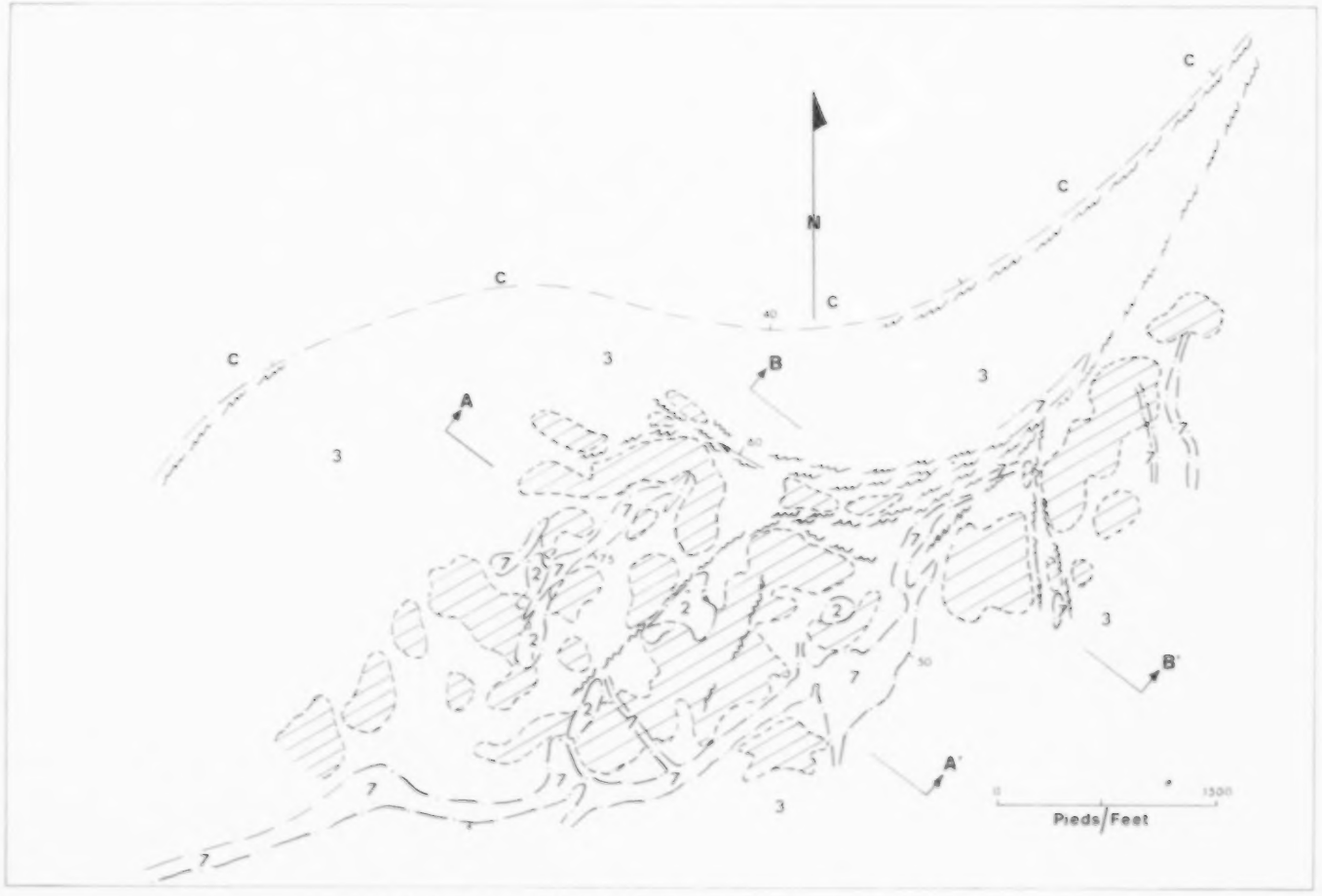


FIGURE – 15 GISEMENT BRITISH CANADIAN – Niveau de 850' (pour la legende,se referer à la Fig. – 14)
BRITISH CANADIAN DEPOSIT – 850' level (for legend,refer to Fig. – 14)

et zones de cisaillement sont de direction sud-ouest et disparaissent dans cette direction ou s'orientent plutôt vers l'ouest. Quoiqu'il en soit, il est évident, à cause de la proximité de la zone de minerai du contact, que ce dernier a joué un rôle important dans le contrôle de cette zone.

Il y a eu de nombreuses failles au contact de plusieurs masses granitiques qui sont localement écrasées ou cisaillées, particulièrement où elles sont étroites ou de petite dimension. La masse de roche ultramafique est généralement brisée en blocs par de nombreuses failles et diaclases, et certaines de ces fractures s'étendent jusqu'à l'intérieur des masses felsiques. Cette observation semble indiquée que la plupart des failles se sont produites après l'emplacement et la solidification des roches granitiques.

GISEMENTS DE MINERAI

Le gisement est formé de plusieurs petites et grosses poches, ou colonnes de minerai, dont la grosseur et la distribution ont été influencées par la présence des différentes ségrégations de dunites, masses felsiques et zones de cisaillement. Les portions de minerai les plus grosses et les plus riches sont adjacentes à la principale masse granitique qui a été décrite comme une monzonite quartzifère à biotite-muscovite (De, 1961). Cette intrusion a des pendages variant d'abrupts à horizontaux vers le sud-est et les colonnes de minerai trouvées au toit et au mur ont généralement un plongement vers le sud-est (fig. 16).

Les plus grosses veines d'amiante se trouvent normalement dans les portions serpentinisées de la péridotite. On trouve rarement la chrysotile dans les zones de cisaillement,

the numerous shear zones and dykes strike southwesterly and either fade out in this direction or give way to a more westerly trend. In any event, it is apparent from the close proximity of the ore zone to the contact that the latter has had a major controlling influence.

Faulting has occurred at the contact of numerous granitic masses, which are, themselves, locally shattered or even sheared, particularly where they are narrow or small in size. The ultramafic rock mass, as a whole, is broken into blocks by numerous faults and joints, and some of these fractures extend into the felsic bodies. These phenomena would indicate that the bulk of the faulting occurred after the emplacement and consolidation of the granitic rocks.

ORE BODIES

The deposit is made up of numerous small and large pockets, or ore shoots, whose size and distribution have been influenced by the presence of the various dunite segregations, felsic bodies and shear zones. The largest and generally higher grade ore shoots are adjacent to the major granitic mass, which has been described as a biotite-muscovite quartz monzonite (De, 1961). This intrusive has steep to flat dips to the southeast and the ore shoots found on both the hanging-wall and footwall sides generally rake to the southeast (Fig. 16).

The larger asbestos veins normally occur in the partially serpentinized portions of the peridotite. Fibre is rarely found in the shear zones proper but may occur in the

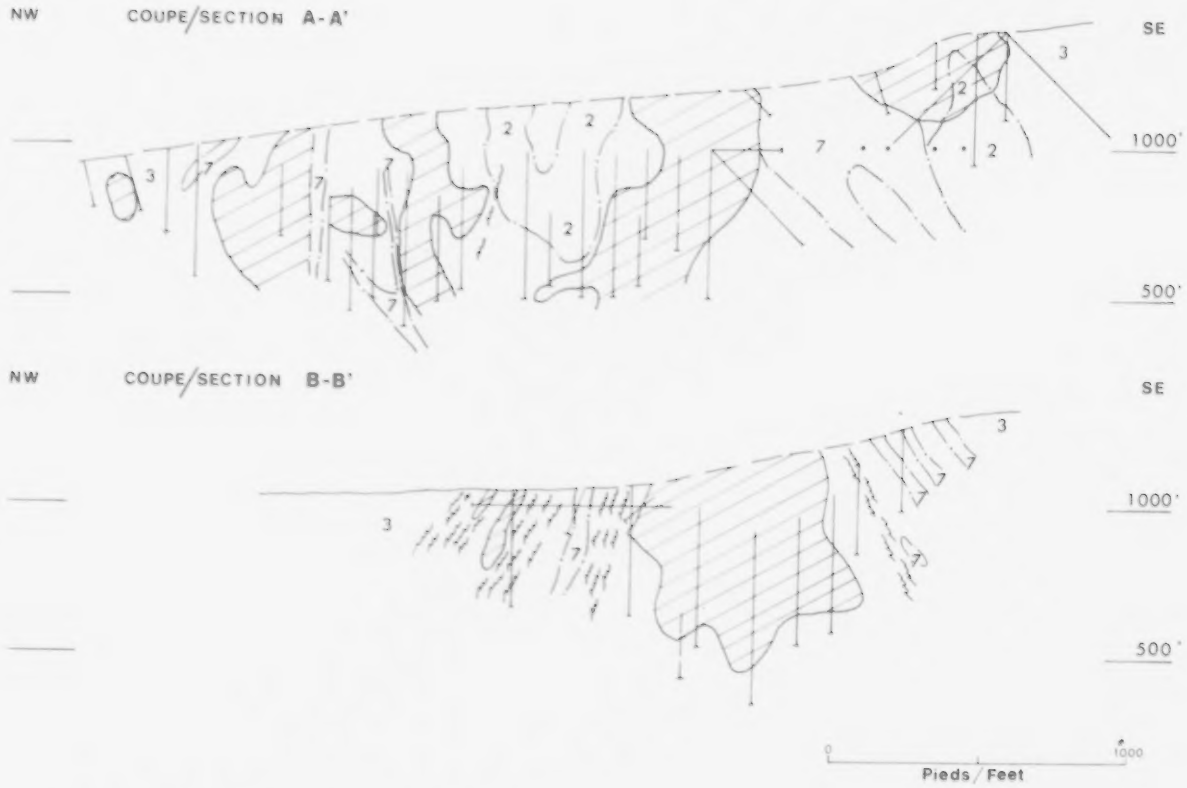


FIGURE – 16 GISEMENT BRITISH CANADIAN – Coupes (pour la legende se referer a la Fig. – 14)
BRITISH CANADIAN DEPOSIT – Cross-sections (for legend, refer to Fig. – 14)

mais on peut la trouver dans la roche adjacente complètement serpentinisée. Les masses de dunite sont stériles ou renferment du minerai à basse teneur, formé principalement de fibres longitudinales. En général, le gisement a une teneur relativement faible en fibre (environ 2%), mais il renferme des fibres de qualité semi-rude dont la longueur est supérieure à la moyenne.

completely serpentinized rock adjacent to them. The dunite bodies are either barren or host to low grade ore, made up chiefly of slip fibre. The deposit as a whole is relatively low in fibre content (about 2%) but has better than average fibre length and is semi-harsh in quality.

En se basant sur la grande superficie du gisement British Canadian, comparativement à ce qui semble être sa profondeur plutôt faible, il ne représente probablement que les racines d'un très gros gisement ayant été en majeure partie érodé.

Judging from the large area covered by the British Canadian deposit, compared to what appears to be a rather shallow depth, it probably represents only the roots of a very big deposit that has largely been eroded.

GISEMENT LAKE

Le gisement Lake repose principalement à la limite sud-est du rang V, canton d'Ireland; son extrémité sud se situe dans le bloc 'A' du canton de Coleraine. La découverte originelle a été faite en 1947 par forage de la rive du lac Noir, à la lumière d'indices dans des affleurements voisins. La production débuta en 1956 après avoir drainé l'eau du lac et enlevé la couche de sédiments lacustres. Le gîte consiste en 3 unités minéralisées, appelées gisements 'A', 'B', et 'C'.

LAKE DEPOSIT

The Lake deposit lies mainly in the southeast end of range V, Ireland township, with its southern extremity in block 'A' of Coleraine township. It was originally discovered in 1947 by diamond drilling from the shore of Black lake on the basis of nearby indications in outcrops. Production commenced in 1956 after the lake was drained and a thick layer of sediment removed. The deposit consists of 3 units described as the 'A', 'B', and 'C' ore bodies.

TYPES DE ROCHES

La roche encaissant les gisements 'A' et 'B' consiste surtout en péridotite partiellement serpentinisée. Le gisement 'C' est exceptionnel, la roche encaissante étant une dunite serpentinisée.

ROCK TYPES

The host rock to the 'A' and 'B' ore bodies is predominantly the partially serpentinized peridotite. The 'C' ore body is exceptional, in that the host rock is serpentinized dunite.

Les masses felsiques trouvées ici sont surtout granitiques et ont une composition semblable à celles trouvées en association avec le gisement

The felsic masses found here are primarily granitic and have a composition similar to those found in association with the British Canadian

British Canadian, les plus grosses ayant la composition d'une monzonite quartzifère à biotite-muscovite. Plusieurs masses plus petites et plusieurs zones de contact ont une composition dioritique avec des proportions variées de diopside, de grossulaire, et de phlogopite. Un certain nombre des plus petites masses granitiques sont parallèles à la masse discordante en forme de dyke qui entoure le côté ouest; toutes ces masses ont un pendage faible vers l'ouest et le nord-ouest.

deposit, the larger ones being biotite-muscovite quartz monzonite. Numerous smaller bodies and contact zones have a dioritic composition, with diopside, grossularite, and phlogopite being present in varying abundance. A number of smaller granitic masses parallel the major through-going, dyke-like body which loops around the west side; all of these dip to the west and northwest at fairly flat angles.

STRUCTURE

La structure dominante associée au gisement Lake est une faille de chevauchement transversale dont la direction est à l'ouest du nord et le pendage vers l'est (figs. 14 et 17). Près de l'extrémité sud du gisement 'A', cette faille bifurque vers l'ouest et vers le nord et semble s'atténuer dans la partie nord du gisement 'A'. Des zones de cisaillement sont associées aux masses granitiques. Une zone de cisaillement prononcée de direction ouest-nord-ouest et à faible pendage vers le nord recoupe l'extrémité nord des gisements 'A' et 'B'.

STRUCTURE

The most prominent structure associated with the Lake deposit is a major transverse thrust fault that trends somewhat west of north and dips to the east (Figs. 14 and 17). Near the south end of the 'A' ore body this fault branches westward and northward, and appears to fade out toward the north end of the 'A' ore body. Shear zones are associated with the granitic bodies. A strong zone of shearing, striking west-northwest and dipping flatly to the north, cuts across the northern end of the 'A' and 'B' ore bodies.

ALTERATION

A part la serpentinisation et l'altération des roches felsiques, communes à tous les gisements, l'altération en talc et carbonate est ici très répandue le long de la zone de faille transversale majeure qui a été suivie sur environ 1 mille le long de sa direction et sur 1000 pieds le long de son pendage.

ALTERATION

Apart from serpentinization and alteration of the felsic rocks common to all of the deposits, here talc-carbonate alteration is extensive along the major transverse fault zone, which has been traced for approximately one mile on strike and 1000 feet down the dip.

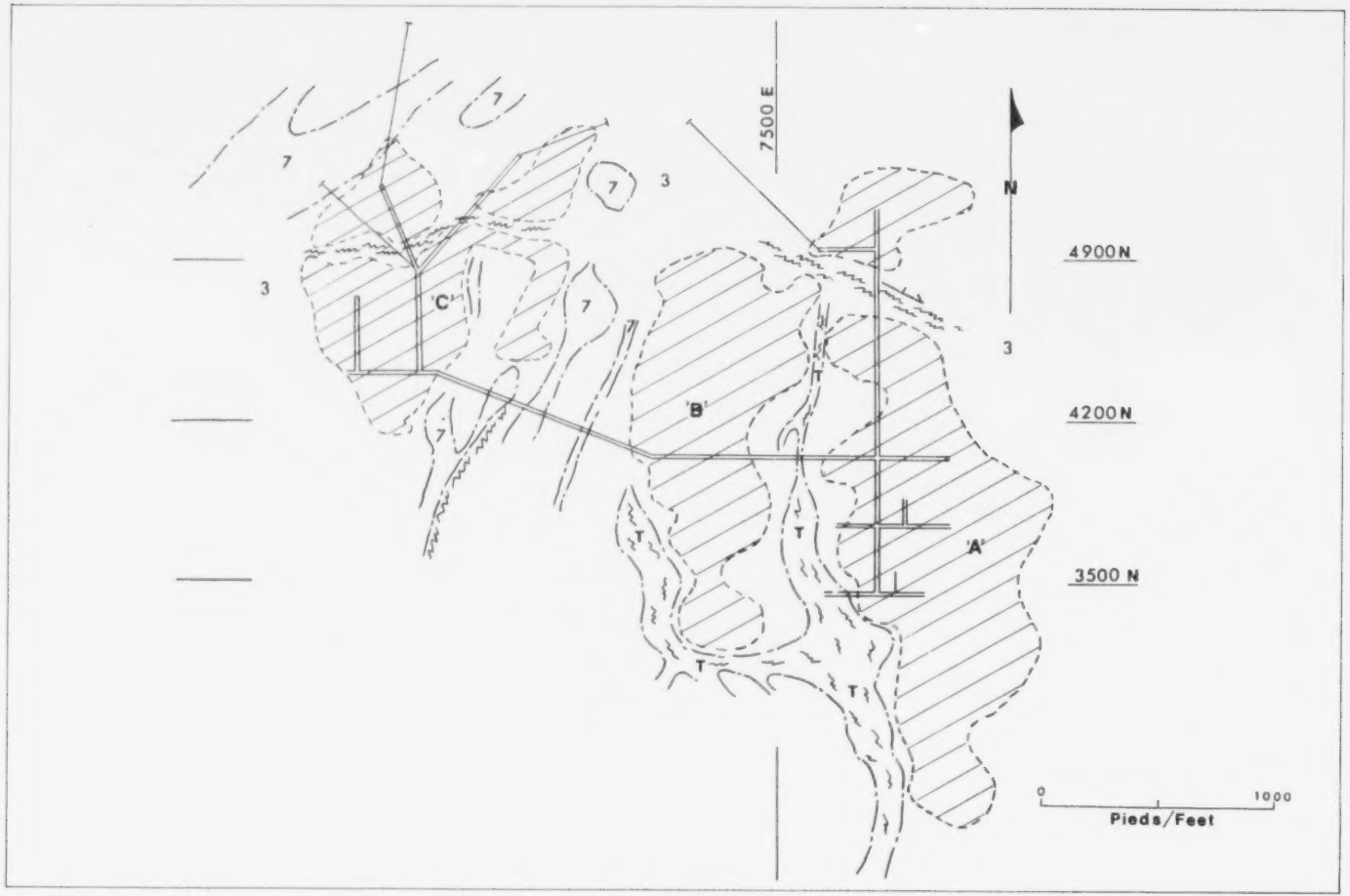


FIGURE – 17 GISEMENT LAKE – Niveau de 190' (pour la légende, se référer à la Fig. – 14)
LAKE DEPOSIT – 190' Level (for legend, refer to Fig. – 14)

GISEMENTS DE MINERAI

Le gisement 'A' est situé du côté du toit de la faille de chevauchement transversale. Elle s'étend vers le nord et vers le sud sur une longueur de 2200 pieds et atteint une largeur de 900 pieds et une profondeur de 1000 pieds.

Le gisement 'B' repose à l'ouest et en dessous du gisement 'A' et a une longueur de 2000 pieds, une largeur de 900 pieds et une profondeur de 1000 pieds. Son plongement est de 30° vers le nord et son pendage vers l'est s'atténue en profondeur (figs. 18 et 19). Les deux branches de la faille de chevauchement tendent à former le toit et le mur du gisement 'B'. L'extrémité nord se termine en dessous d'une zone de cisaillement à faible pendage vers le nord. De petites poches de minerai sont trouvées au-dessus de cette zone de cisaillement.

Le gisement 'C' a la forme d'une soucoupe et occupe une superficie de 1000 pieds par 1000 pieds; son épaisseur, qui est variable, atteint quelques centaines de pieds. Il semble avoir occupé une position sur le côté du mur de la principale masse de monzonite quartzifère; d'autres dykes semblables et parallèles sont aussi présents sous ce gisement.

La fibre provenant des gisements 'A' et 'B' est de la variété semi-rude, alors que le gisement 'C' donne une fibre relativement molle et soyeuse. Le gisement 'C' renferme un stockwork de veines relativement rapprochées, ce qui lui donne une teneur appréciablement plus élevée en fibre comparativement aux veines plus espacées des gisements 'A' et 'B'.

ORE BODIES

The 'A' ore body is situated on the hanging-wall side of the transverse thrust fault. It extends north and south for a length of 2200 feet, attains a width of 900 feet and a depth of 1000 feet.

The 'B' ore body lies to the west of and beneath the 'A' ore body, having a length of 2000 feet, a width of 900 feet and a vertical range of 1000 feet, with a plunge of 30° to the north and a dip to the east that flattens with depth (Figs. 18 and 19). The two branches of the thrust fault tend to form the hanging-wall and footwall of the 'B' ore body. The north end terminates beneath a flat, north-dipping shear zone. Small pockets of ore occur above this shear zone.

The 'C' ore body is saucer shaped, having a variable thickness ranging up to several hundred feet and covering an area 1000 feet by 1000 feet. It appears to have occupied a position on the footwall side of the main quartz monzonite body, other similar parallel dykes occurring beneath the ore body.

The fibre in the 'A' and 'B' ore bodies is of the semi-harsh variety, while the 'C' ore body contains a relatively soft and silky product. The stockwork of the 'C' ore body carries fairly closely spaced veins resulting in an appreciably higher fibre content compared to the wider spaced veins of the 'A' and 'B' ore bodies.

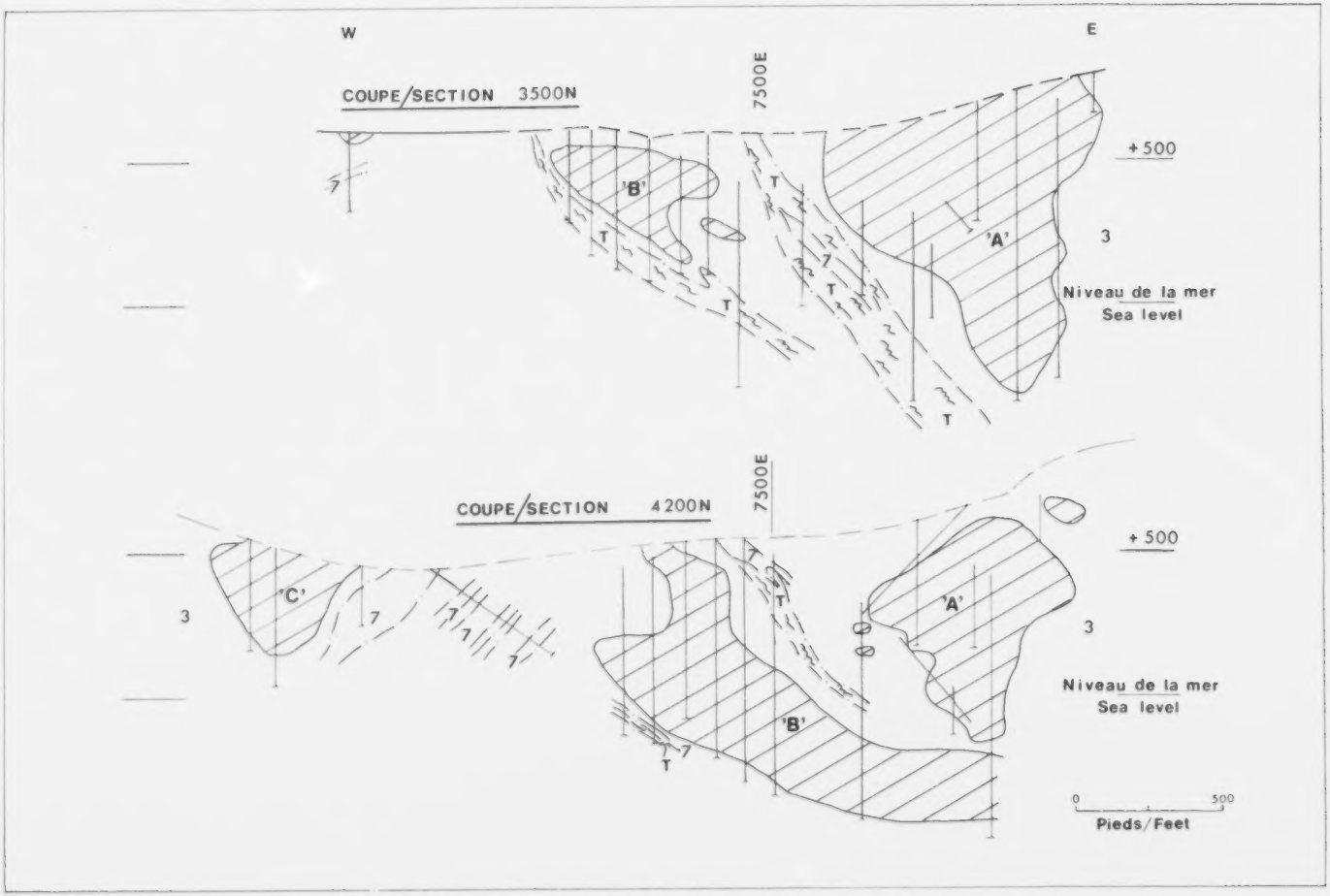


FIGURE – 18 GISEMENT LAKE – Coupes 3500N et 4200N (pour la legende, se referer à la Fig. – 14)
LAKE DEPOSIT – Cross-sections 3500N and 4200N (for legend, refer to Fig. – 14)

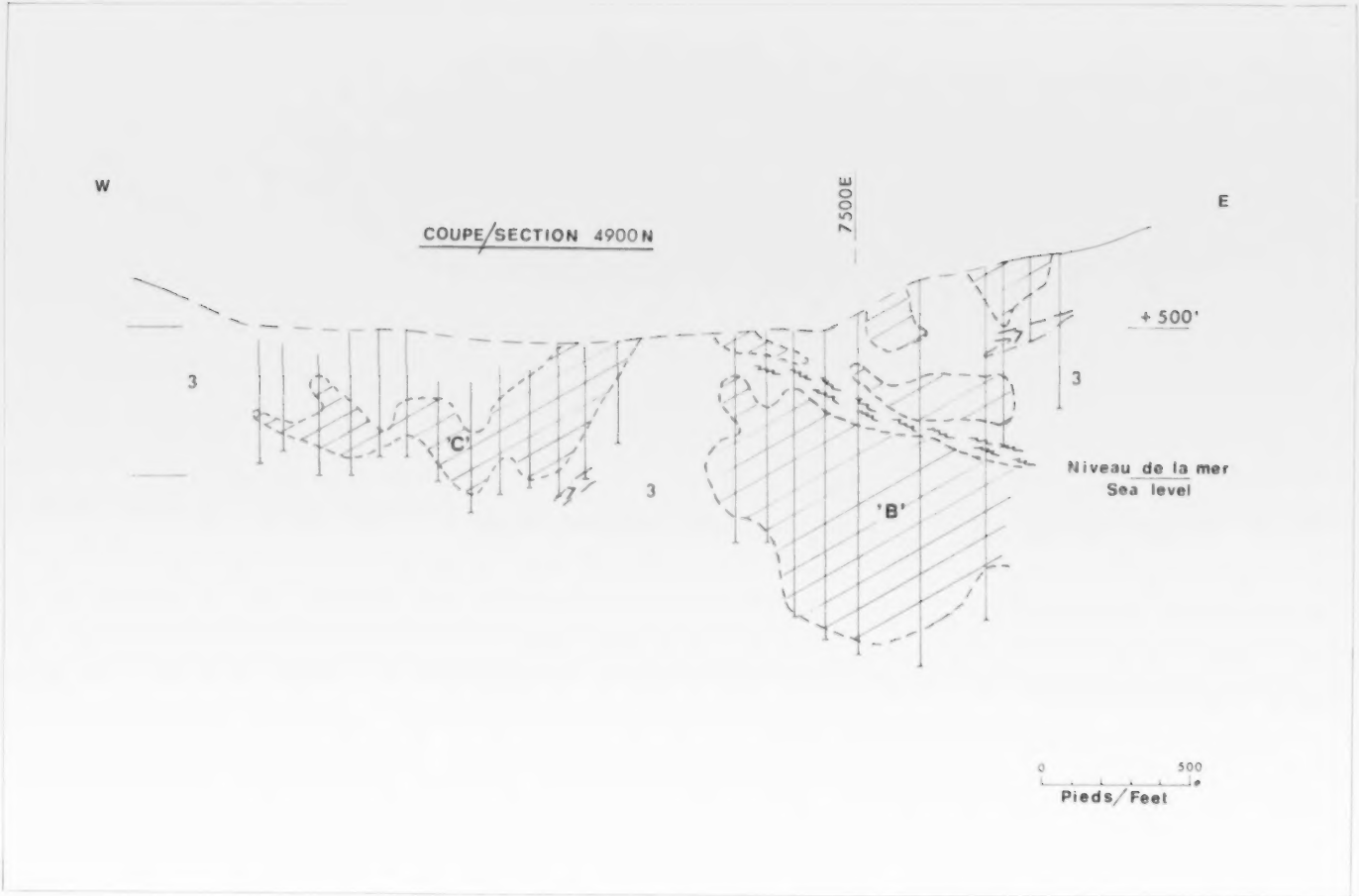


FIGURE – 19 GISEMENT LAKE – Coupe 4900N (pour la legende,se referer à la Fig. – 14)
LAKE DEPOSIT – Cross-section 4900N (for legend,refer to Fig. – 14)

La faille de chevauchement transversale semble avoir joué un rôle majeur dans la localisation des gisements 'A' et 'B', alors que les masses granitiques et les zones de cisaillement qui leur sont associées ont eu un rôle prépondérant dans l'établissement des limites du gisement 'C'. Le rôle de la masse de dunite qui renferme le gisement 'C' est quelque peu obscur, vu que les limites de ce type de roche n'ont pas été clairement établies. Contrairement à la plupart des ségrégations dunitiques de la région, il apparaît possible que cette masse-ci n'ait été qu'imparfaitement serpentinisée à un stade précédent et qu'elle ait ainsi favorisé le développement d'un bon système de fractures durant la période d'ajustement ayant précédé la formation des veines.

The transverse thrust fault appears to have played a major part in localizing the 'A' and 'B' ore bodies, whereas the granitic masses and associated shear zones had an important role in defining the limits of the 'C' ore body. The role of the dunite mass in which the 'C' ore body occurs is somewhat obscure, as the limits of this rock type have not been too clearly defined. Unlike most of the dunitic segregations in the area, it seems possible that this particular body was perhaps incompletely serpentinized at an earlier stage and thus developed a good system of fractures during the period of adjustment that preceded vein formation.

GROUPE DE VIMY RIDGE

Ce groupe, qui est la propriété de l'Asbestos Corporation Ltd. et qui contient les gisements 'C' de Vimy Ridge, Normandie et Penhale, est situé à environ 2.5 milles au sud-ouest de la ville de Black Lake et à 1 mille au nord du village de Vimy Ridge sur les lots 24 et 25 des rangs III et IV du canton d'Ireland. La production à ciel ouvert débuta en 1917 sur le gisement Vimy Ridge et la majeure partie a depuis été enlevée. Le gisement Normandie, reposant sous un épais recouvrement de mort-terrain, a été découvert par forage en 1946 et c'est en 1955 que débuta son exploitation qui se poursuit toujours. L'exploration de la Penhale, laquelle repose sous un recouvrement de roche stérile de 800 pieds à son point le plus près de la surface, commença en 1965 à la suite d'indices obtenus par forage au diamant. Tous ces gisements reposent dans une zone minéralisée de direction nord-nord-est et plongeant vers le nord à un angle de 30°.

VIMY RIDGE GROUP

This group, owned by Asbestos Corporation Ltd., and containing the 'C', Vimy Ridge, Normandie and Penhale deposits, is situated about 2.5 miles southwest of the town of Black Lake and 1 mile north of the village of Vimy Ridge, in lots 24 and 25, ranges III and IV, Ireland township. Production by quarrying commenced on the Vimy Ridge deposit in 1917 and it has since been largely removed. The Normandie deposit, lying beneath a thick cover of overburden, was discovered by diamond drilling in 1946 and removal of ore commenced in 1955 and is still in progress. Exploration of the Penhale, buried beneath a barren rock cover of 800 feet at its point nearest the surface, was undertaken, starting in 1965, on the basis of indications obtained during earlier diamond drilling. All of these deposits lie in an ore zone that strikes north-northeast and plunges to the north at 30°. This zone is 3500 feet long by 1200 feet wide, and has a

Cette zone mesure 3500 pieds de long par 1200 pieds de large et a une épaisseur de 600 pieds (figs. 20 et 21).

TYPES DE ROCHES

On trouve la majeure partie des gisements dans de la péridotite partiellement serpentinisée (fig. 22) entourée sur tous les côtés, sauf le dessous, par de la roche complètement serpentinisée. Quelques petites masses de dunite serpentinisée sont parsemées à travers la zone minéralisée; elles atteignent jusqu'à 400 pieds selon leur plus grande dimension.

Un large dyke de monzonite quartzifère recoupe la zone de minerai entre les gisements Vimy Ridge et Penhale, donnant ainsi une large zone de roche stérile de 400 à 500 pieds. Un autre dyke est situé au sud du gisement Vimy Ridge; il est interprété comme ayant déjà été localisé près du gisement 'C' dont la majeure partie, de pair avec le dyke et le terrain qui l'en séparent, a été érodée (fig. 21). Il y a plusieurs autres petites masses felsiques, dont certaines peuvent être suivies sur plusieurs centaines de pieds, immédiatement en bordure des gîtes ou les traversant sur de courtes distances.

STRUCTURE

La relation entre la zone de minerai et le contact faillé entre la péridotite et les roches métasédimentaires au nord-ouest est illustrée aux figures 20 et 21. Il y a un roulement marqué dans le contact à cet endroit, ce qui représente possiblement un pli anticlinal; une zone de roche fortement cisaillée repose de plus entre ce contact et la zone de minerai, entourant la partie supérieure de cette dernière. Des trous de forage au nord-est et à l'est indiquent la présence d'une zone

thickness of 600 feet (Figs. 20 and 21).

ROCK TYPES

The ore bodies occur, for the most part, in partially serpentinized peridotite (Fig. 22) enveloped on all but their undersides by completely serpentinized rock. A few small bodies of serpentinized dunite are scattered through the ore zone, and may measure up to 400 feet in their largest dimension.

A large quartz monzonite dyke cuts across the ore zone between the Vimy Ridge and Penhale deposits, giving rise to a broad zone of 400 to 500 feet of barren rock. Another dyke is situated south of the Vimy Ridge deposit and is inferred as having once occupied a position between it and the 'C' ore body, most of which, together with the dyke and intervening ground, has been eroded away (Fig. 21). There are numerous other small, felsic masses, some of which may be traced for several hundred feet, lying immediately adjacent to the deposits or penetrating a short distance into them.

STRUCTURE

The relationship between the ore zone and the faulted contact between the peridotite and the metasedimentary rocks to the northwest is illustrated in Figures 20 and 21. There is a pronounced roll in the contact in this vicinity, possibly representing an anticlinal fold, and a zone of heavily sheared rock lies between it and the ore zone, tending to wrap itself around the top of the latter. Drill holes to the northeast and east indicate the presence of a fault zone

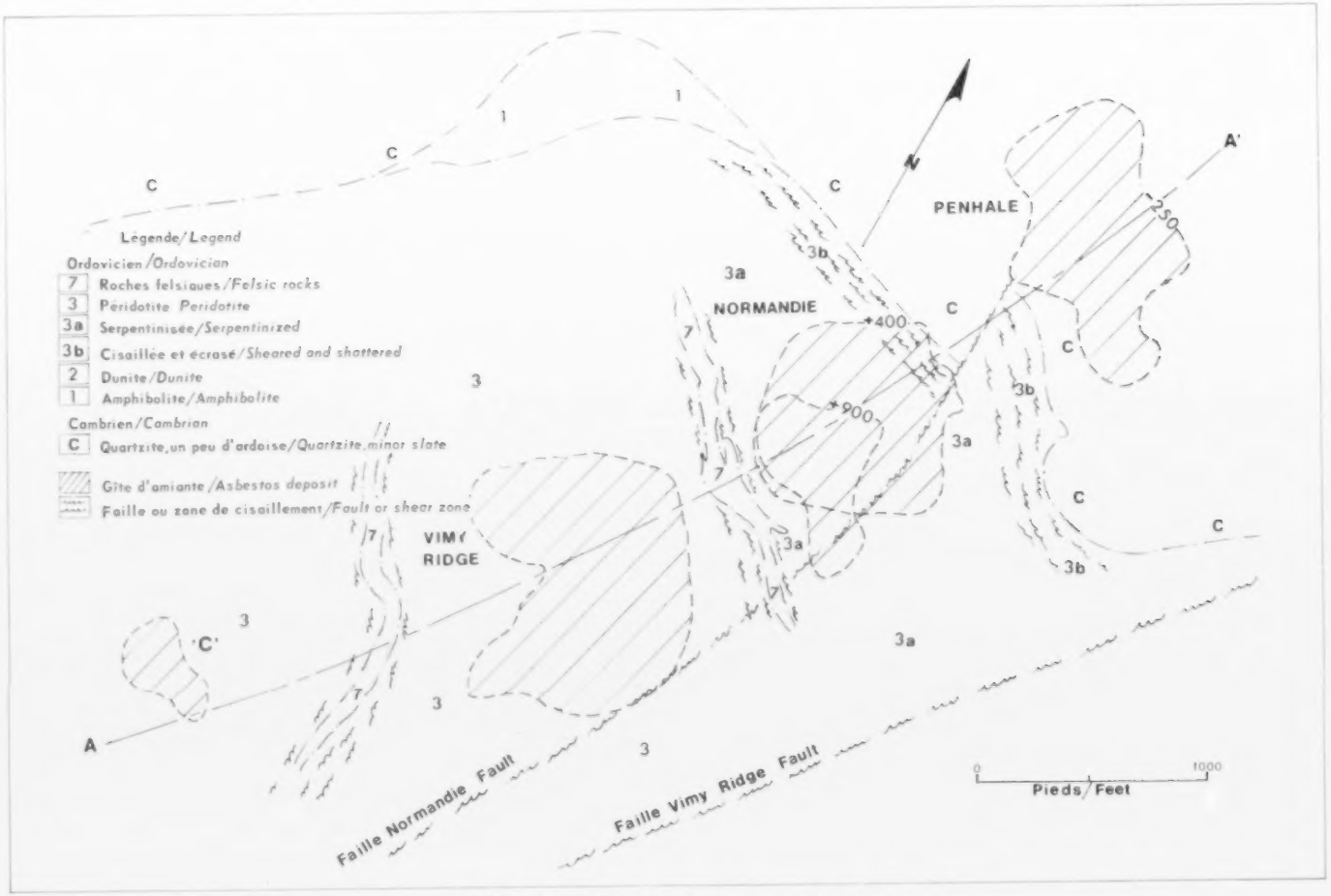


FIGURE – 20 GROUPE DE VIMY RIDGE – Projection verticale des gisements
VIMY RIDGE GROUP – Vertical projection of ore bodies

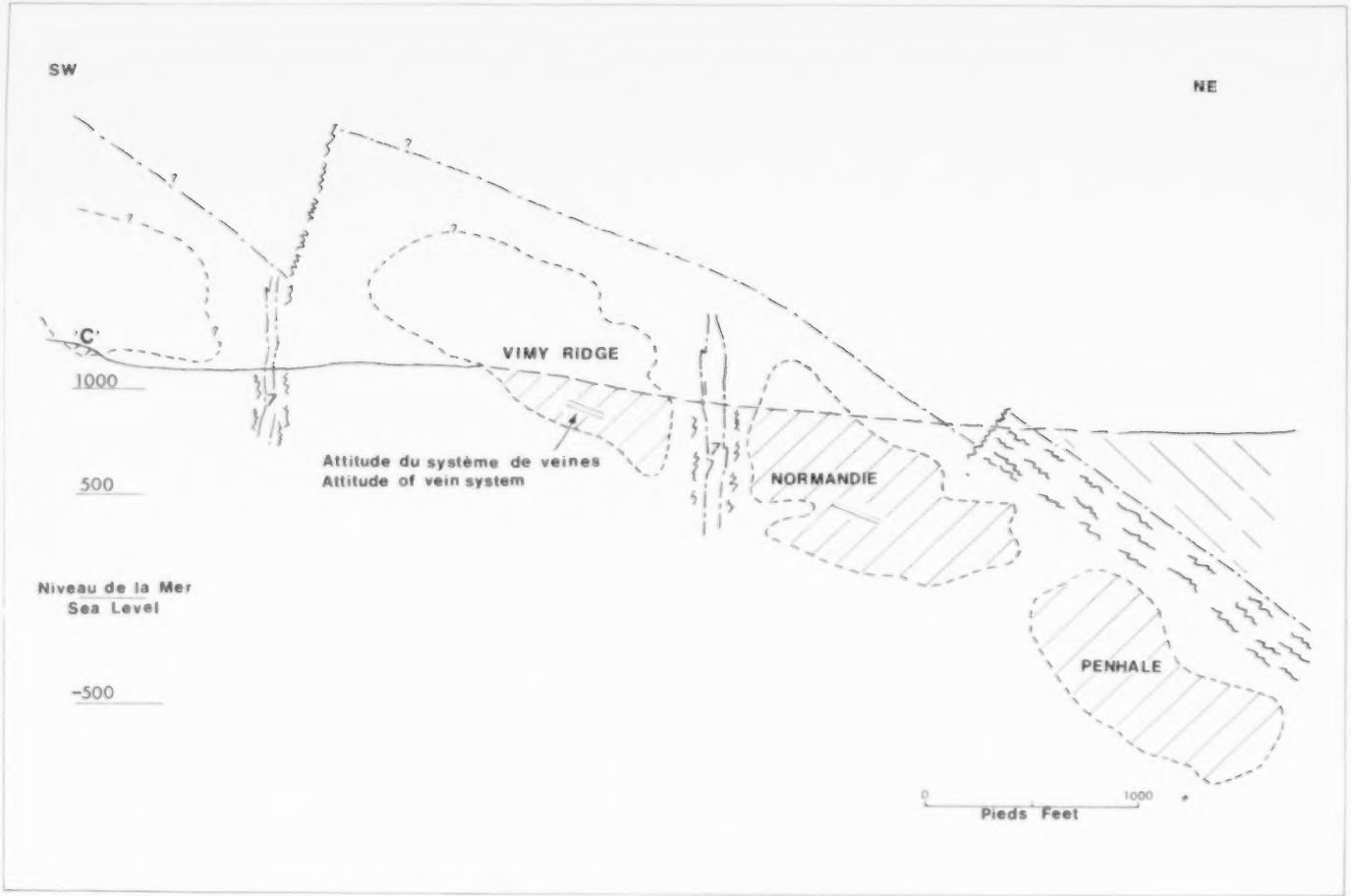


FIGURE – 21 GROUPE DE VIMY RIDGE – Coupe longitudinale (pour la legende, se referer à la Fig. – 20)
VIMY RIDGE GROUP – Longitudinal section (for legend, refer to Fig. – 20)

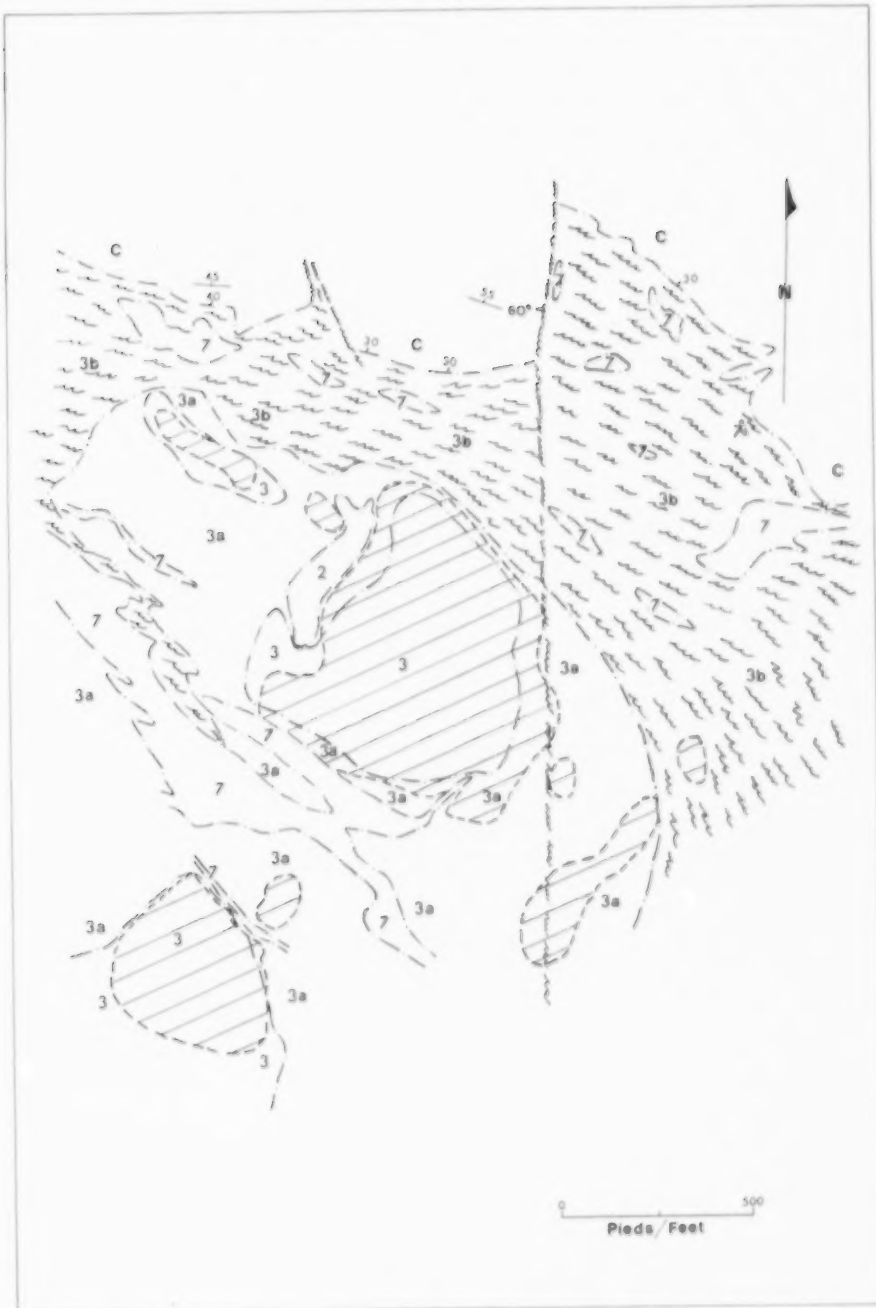


FIGURE – 22 GROUPE DE VIMY RIDGE – NORMANDIE, Niveau de 775' (pour la legende, se referer à la Fig. – 20)
VIMY RIDGE GROUP – NORMANDIE, 775' level (for legend, refer to Fig. – 20)

de faille le long de cette portion du contact de la péridotite, s'étendant vers le sud-ouest à peu près parallèlement à la zone minéralisée et se prolongeant probablement vers le sud à travers une région à topographie négative bien marquée reposant un peu à l'est du village de Vimy Ridge. Une autre faille, de direction nord et à pendage accentué vers l'ouest, a déplacé le contact immédiatement au-dessus de l'axe de la zone de minerai et forme l'éponte orientale des gisements Normandie et Vimy Ridge. Le déplacement horizontal gauche de 400 pieds aurait pu être dû uniquement à un déplacement de pendage impliquant un mouvement ascendant du côté oriental de 250 pieds par rapport au côté ouest. La roche qui se trouve dans le biseau entre cette faille et celle appelée "Faille de Vimy Ridge" est intensément broyée.

adjacent to this part of the peridotite contact, extending southwestward almost parallel to the ore zone and probably continuing southward through a marked topographic depression lying just east of the village of Vimy Ridge. Another fault, striking due north and dipping steeply to the west, has displaced the contact immediately over the axis of the ore zone, and serves as the east wall of the Normandie and Vimy Ridge deposits. The horizontal, left-hand displacement of 400 feet could have been solely due to a dip-slip displacement involving an upward movement of 250 feet of the east side relative to the west. The rock lying in the wedge between this fault and the so-called Vimy Ridge Fault is severely shattered.

GISEMENTS DE MINERAI

Le caractère le plus distinctif de tous ces gisements est que le noyau de chacun consiste en un système de veines parallèles appelé "structure rubanée" ou "veines rubanées". Les grosses veines d'amiante sont normalement accompagnées de nombreuses petites veines parallèles. Ces systèmes de veines ont une direction à peu près normale à l'axe de la zone de minerai et des pendages vers le nord de l'ordre de 20°, c'est-à-dire une inclinaison un peu plus faible que l'axe de la zone de minerai (fig. 4).

En s'approchant des bordures des gîtes, le système de veines accuse des attitudes différentes avec des pendages plus accentués dans les gros blocs limités par des failles, suggérant une rotation de ces blocs par rapport à leurs positions initiales. Près des bords des gisements, on observe un stockwork plus typique de veines.

ORE BODIES

The most distinguishing characteristic of all of these deposits is that the core of each consists of a parallel system of veining, referred to as "ribbon structure" or "ribbon veining". Normally, larger, throughgoing asbestos veins are accompanied by numerous small parallel veins. These vein systems strike nearly normal to the axis of the ore zone and have 20° dips, which are somewhat flatter than the rake of the axis of the ore zone (Fig. 4).

Toward the margins of the deposits, the vein system has assumed other attitudes with steeper dips within major fault-bounded blocks, suggesting some rotation of these blocks from their original positions. Close to the margins of the deposits, the more typical stockwork-type of veining is encountered.

Des veines rubanées se sont aussi développées à l'intérieur et en bordure des fractures, entourant les blocs de péridotite de quelques pieds de diamètre. Les plus grosses veines centrales suivent le plan de diaclase initial alors que les plus petites veines parallèles reposent au sein ou en bordure de la roche serpentinisée des épontes et épousent le contour des blocs. Plusieurs de ces petites veines sont discontinues et s'atténuent près des coins des blocs. Le coeur des blocs est uniformément et partiellement serpentinisé. De par son apparence générale, le développement de veines associé à de tels blocs semble lié à la formation de diaclases pouvant résulter de la perte de volume.

Ribbon veining has also developed in and adjacent to the fractures enclosing blocks of peridotite measuring a few feet across. The larger central veins follow the original joint planes, while the smaller parallel veins lie in the adjoining serpentinized wall rock and curve around the corners of the blocks. Many of these small veins are discontinuous and fade out at the block corners. The core of the blocks is uniformly partially serpentinized and, viewed as a whole, the vein development associated with such blocks appears to owe its origin to the formation of jointing that may be the result of shrinkage.

L'auteur est d'avis que les relations citées précédemment suggèrent que ces gîtes se sont développés le long de l'axe d'un pli anticlinal dans le contact de la péridotite. Des zones de fractures transversales à cet axe ont donné accès à deux gros dykes granitiques, alors que d'autres réajustements majeurs tels les failles de Vimy Ridge et de Normandie ont pu contribuer à la fracturation ayant permis la formation des veines d'amiante. D'autre part, le vaste système de fractures parallèles, dont l'attitude est à peu près parallèle à celle du contact supérieur, suggère l'existence d'un lien entre les deux. Les premières fractures résultent possiblement du relâchement de la pression dans une direction normale aux plans de fracture, soit durant la contraction alors que la masse ultramafique se refroidissait, soit à la suite de l'érosion des couches superposées à une date ultérieure.

It is the author's view that the relationships cited above suggest that these deposits developed along the anticlinal axis of a fold in the peridotite contact. Fracture zones, transverse to this axis, may have given access to the two large granitic dykes, while other major adjustments, such as the Vimy Ridge and Normandie faults, may have contributed to the fracturing that permitted the formation of asbestos veins. On the other hand, the extensive systems of parallel fractures, having attitudes that closely parallel the overlying contact, suggest that there is some connection between the two. It seems possible that incipient fractures could have developed as a result of relief of pressure in a direction normal to the fracture planes, either during contraction, as the ultramafic body cooled, or as a result of erosion of the overlying load at a later date.

Il existe une différence marquée concernant le caractère de l'amiante dans ces gîtes. Le gisement Vimy Ridge contient une fibre nettement rude

There is a marked difference in the character of the asbestos in these deposits. The Vimy Ridge deposit contained a distinctively harsh fibre

qui était en grande demande pour la fabrication de produits à base de ciment d'amiante à cause de ses propriétés pour la filtration rapide. Le gisement Normandie renferme de la fibre semi-rude, alors que la fibre de la Penhale est relativement douce. Tous ces gîtes contiennent une gamme de fibres de différentes longueurs, mais surtout des fibres longues et intermédiaires.

that was in great demand for the manufacture of asbestos cement products because of its properties for fast filtering. The Normandie deposit contains semi-harsh fibre, while the Penhale fibre is relatively soft. All of the deposits contain a broad range of fibre lengths, mainly in the longer to intermediate grades.

SECTEUR NORD-EST ET AUTRES GITES

Ce secteur comprend tous les gîtes trouvés dans le dyke de Pennington, qui s'étend vers le nord-est sur quelque 20 milles, à partir d'un point situé à un mille au nord du centre de Thetford Mines et se terminant au village de Tring-Jonction. Plusieurs gîtes ont été découverts et exploités dans ce secteur mais ils ont été épuisés ou abandonnés car leur limite économique a été atteinte. Il n'en reste que deux présentement en opération: le gisement Carey Canadian, à l'extrémité nord-est du dyke, et le gisement National, situé à environ trois milles de la limite sud.

Le dyke de Pennington varie de quelques pieds à plusieurs centaines de pieds d'épaisseur. A son extrémité sud-ouest, les pendages sont généralement de 50° ou plus vers le sud-est, alors qu'ils sont beaucoup moins forts dans certaines parties de sa section centrale et à sa limite nord-est. Ces changements dans le pendage sont influencés par le fait que cette intrusion est plus ou moins concordante aux roches métasédimentaires et aux schistes encaissants sur le flanc sud-est d'un anticlinorium majeur. L'axe de cet anticlinorium converge vers le dyke de Pennington dans une direction nord-est. Des plis mineurs au sein de ces roches métasédimentaires et la proximité de

NORTHEAST SECTOR AND OTHER DEPOSITS

This sector includes all of the deposits that occur in the Pennington dyke, which stretches some 20 miles northeastward, starting at a point about one mile north of the centre of Thetford Mines and ending at the village of Tring-Jonction. A great many of the deposits that were discovered and worked in this sector have either been mined out or abandoned, the economic limits having been reached. Only two are currently productive: the Carey Canadian deposit, at the northeast end of the dyke, and the National deposit, situated about three miles from the southern end.

The Pennington dyke ranges from a few feet to several hundred feet in thickness. At its southwest end, dips are generally 50° or more to the southeast, whereas much flatter dips prevail in some of the mid-sections and at the northeast end. These changes in dip are influenced by the fact that this intrusion is more or less conformable with the enclosing metasedimentary rocks and schists on the southeast limb of a major anticlinorium. The axis of this anticlinorium converges toward the Pennington dyke in a northeasterly direction. Minor folds within these metasedimentary rocks and the proximity to the axis of the major anticlinal structure seem to

l'axe de la structure anticlinale majeure semblent contrôlés l'attitude du dyke qui se rétrécit et s'élargit le long de sa direction et de son pendage.

La roche dominante dans ce dyke est la péridotite, de composition semblable à celle trouvée ailleurs dans la région; elle est accompagnée de faibles quantités de dunite distribuée irrégulièrement dans la péridotite. La serpentinisation est habituellement totale, sauf dans les portions plus larges du dyke où une serpentinisation partielle de la péridotite peut être trouvée.

De minces zone d'altération en talc et carbonate ont été rencontrés à différents endroits, surtout en bordure du mur. Dans la portion centrale du dyke, cette zone était suffisamment large pour permettre l'exploitation de la pierre à savon (stéatite) pour des fins commerciales. Une altération en chlorite appelée 'blackwall' est localement présente dans les roches du mur, immédiatement adjacentes au contact avec la zone à stéatite. Cette altération est présumément contemporaine au stade tardif de la formation de la serpentine dans les roches ultramafiques. L'actinote peut aussi accompagner la chlorite. L'altération la plus intense de la roche encaissante est normalement associée aux zones à talc et carbonate, où la transformation et la recristallisation des schistes adjacents en amphibolites peut s'être faites sentir jusqu'à plusieurs pieds du contact. Le mur est habituellement marqué par un intense cisaillement et du broyage indiquant l'action d'une faille de chevauchement le long de ce plan. On note aussi la présence de cisaillements mineurs le long du contact du toit, de même qu'intérieurement. Dans les zones minces de l'intrusion et surtout dans sa partie nord-est, la largeur totale du dyke a été convertie

govern the attitude of the dyke, which pinches and swells along strike and down dip.

Peridotite, similar in composition to that found elsewhere in the area, is the predominant rock type, accompanied by minor amounts of dunite, distributed in an irregular manner through the body of the peridotite. Serpentinization is normally complete except in the broader portions of the dyke where partially serpentinized peridotite may be found.

Narrow zones of talc-carbonate alteration occur at various points, mainly adjacent to the footwall, particularly along the central portion of the dyke, where sufficient widths have permitted some recovery of soapstone (steatite) for commercial use. Chlorite 'blackwall' is locally present, as an alteration of the footwall rocks immediately adjacent to the contact, and is presumably contemporaneous with the formation of late-stage serpentine in the ultramafic rocks. Actinolite may also be present in association with the chlorite. The most intensive wall-rock alteration is normally associated with the zones of talc-carbonate, where some reconstitution and recrystallization of the adjacent schists into amphibolites may spread outward for several feet from the contact. The footwall is usually marked by heavy shearing and gouge, indicating that thrust faulting occurred along this plane. Minor shearing is locally present at the hanging-wall contact, as well as internally. In the narrow sections of the intrusion and mostly in the northeastern portion, the full width of the dyke has been reduced to 'fish scale' serpentine through intense shearing.

par l'action du cisaillement en serpentine réduite en fragments ressemblant à des 'écailles de poisson' ('fish scale serpentine').

Les gisements trouvés dans la moitié sud-ouest du dyke contiennent de fortes proportions de fibres transversales, accompagnées de fibres longitudinales. Cependant, en allant vers le nord-est, la proportion des fibres longitudinales augmente et on note de moins en moins de fibres transversales, lesquelles sont habituellement courtes. Il semble évident que plus le dyke est près de la crête de l'anticlinorium, plus son écrasement et son cisaillement furent intenses. Ceci pourrait expliquer l'augmentation de la proportion des fibres longitudinales par rapport aux fibres transversales du sud-ouest au nord-est. La fibre massive est couramment associée à la serpentine en 'écailles de poisson'.

Deposits occurring in the southwestern half of the dyke contain a fairly high proportion of cross fibre together with slip fibre. Progressing northeastward slip fibre predominates and only minor cross fibre is present, usually only as relatively short fibre. It seems evident that the closer the dyke is to the crest of the anticlinorium, the greater the shattering and shearing it has undergone. This would account for the increase in the ratio of slip to cross fibre from southwest to northeast. Mass fibre is a common constituent of the 'fish scale' serpentine.

Les gisements d'amiante de ce secteur sont divisés en deux groupes: le groupe de Broughton, comprenant les gisements Carey Canadian, Boston, Fraser, et Quebec Asbestos, près de l'extrémité nord-est du dyke, et le groupe de Pontbriand de la portion sud-ouest du dyke, renfermant les gisements Federal, National, Pennington et Flintkote.

The asbestos deposits of this sector have been divided into two groups: the Broughton group, encompassing the Carey Canadian, Boston, Fraser, and Quebec Asbestos deposits near the northeast end of the dyke; and the Pontbriand group of the southwestern portion of the dyke, which includes the Federal, National, Pennington and Flintkote deposits.

GROUPE DE BROUGHTON

BROUGHTON GROUP

Carey Canadian Mines, le plus récent producteur du groupe de Broughton, détient 5 gisements d'amiante (fig. 23): la zone 'B', qui est la vieille propriété Boston, louée de l'Asbestos Corporation Ltd. et située sur le lot 13 du rang IV; la zone 'C' sur les lots 13 et 14 du rang III; la zone 'D' sur les lots 14 et 15 du rang I; la zone 'E' sur les lots 14 et 15 du

Carey Canadian Mines, the latest of the producers in the Broughton group, holds 5 separate ore bodies (Fig. 23): the 'B' zone, which is the old Boston property, leased from Asbestos Corporation Ltd. and situated in lot 13, of range IV; the 'C' zone in lots 13 and 14, range III; the 'D' zone in lots 14 and 15, range I; the 'E' zone in lots 14 and 15, range II, all

FIGURE – 23 GISEMENTS CAREY CANADIAN – Limite des zones
CAREY CANADIAN DEPOSITS – Limit of zones

rang II, toutes dans le canton de Broughton; et la zone 'T' dans les lots adjacents 190 à 195, concession de Saint-Marie, dans la seigneurie de Saint-Joseph-de-Beauce. Toutes ces zones ont été localisées à l'aide de levés magnétométriques et par forages au diamant entre 1949 et 1952. L'exploitation des zones 'B' et 'C' débuta en 1958. Les autres zones n'affleurent pas en surface; le mort-terrain s'épaissit progressivement vers le nord-est et la surface rocheuse est à une profondeur de plus de 250 pieds à la zone 'T'.

in Broughton township; and the 'T' zone in the adjoining lots 190 to 195, Concession of Sainte-Marie, in the Seigneury of Saint-Joseph-de-Beauce. All of these were located by magnetometer surveying and diamond drilling between 1949 and 1952. Mining of the 'B' and 'C' zones commenced in 1958. The other zones are not exposed at the surface, as the overburden becomes progressively thicker toward the northeast, with the rock surface at the 'T' zone at a depth of over 250 feet.

Le mur de la zone 'C' est remarquablement droit en comparaison des irrégularités du contact du toit (fig. 24). Le contact du mur suit le plan de la faille de chevauchement qui a retranché toutes irrégularités dans le dyke et qui est possiblement responsable de l'angle oblique de l'intersection du litage des roches métasédimentaires avec le dyke. Une zone de broyage adjacente au mur atteint une épaisseur de 25 pieds, alors que le reste du dyke a été transformé en serpentine en 'écailles de poisson' à l'exception de certaines portions plus massives de la roche près du toit. Dans la zone 'B' (fig. 24), le plan de chevauchement semble avoir été plissé.

The footwall of the 'C' zone is noticeably straight in contrast to the rolls in its hanging-wall contact (Fig. 24). The footwall contact follows the plane of a thrust fault that has cut away any irregularities in the dyke and possibly caused the bedding in the metasedimentary rocks to intersect the dyke at an oblique angle. A zone of gouge next to the footwall reaches thicknesses of 25 feet, while the remainder of the dyke has been converted to 'fish scale' serpentine, with the exception of some more massive rock next to the hanging-wall. In zone 'B' (Fig. 24) the thrust plane seems to have undergone folding.

Les pendages sont faibles ou horizontaux sur presque toute la longueur de la portion Broughton du dyke de Pennington. Par endroits, les zones de minerai atteignent jusqu'à 400 pieds de largeur, bien que des largeurs plus faibles soient plus communes. En plus du contenu élevé de fibres longitudinales pouvant atteindre des longueurs de plusieurs pouces, la roche renferme aussi des fibres massives associées aux 'écailles de poisson'.

Throughout most of the length of the Broughton portion of the Pennington dyke gentle to flat dips prevail. In some places, the ore zones attain widths of as much as 400 feet, though narrow widths are more common. In addition to the high content of slip fibres, which may reach lengths of several inches, the rock also contains mass fibre with the 'fish scale'.

Les gîtes qui ne sont plus en production sont situés sur le lot 13 des rangs 6/7 et 9, respectivement à 2 et à 5 milles du gisement Boston,

Deposits that are no longer productive are located in lots 13, range 6/7 and range 9, 2 and 5 miles respectively from the Boston deposit, or 'B'

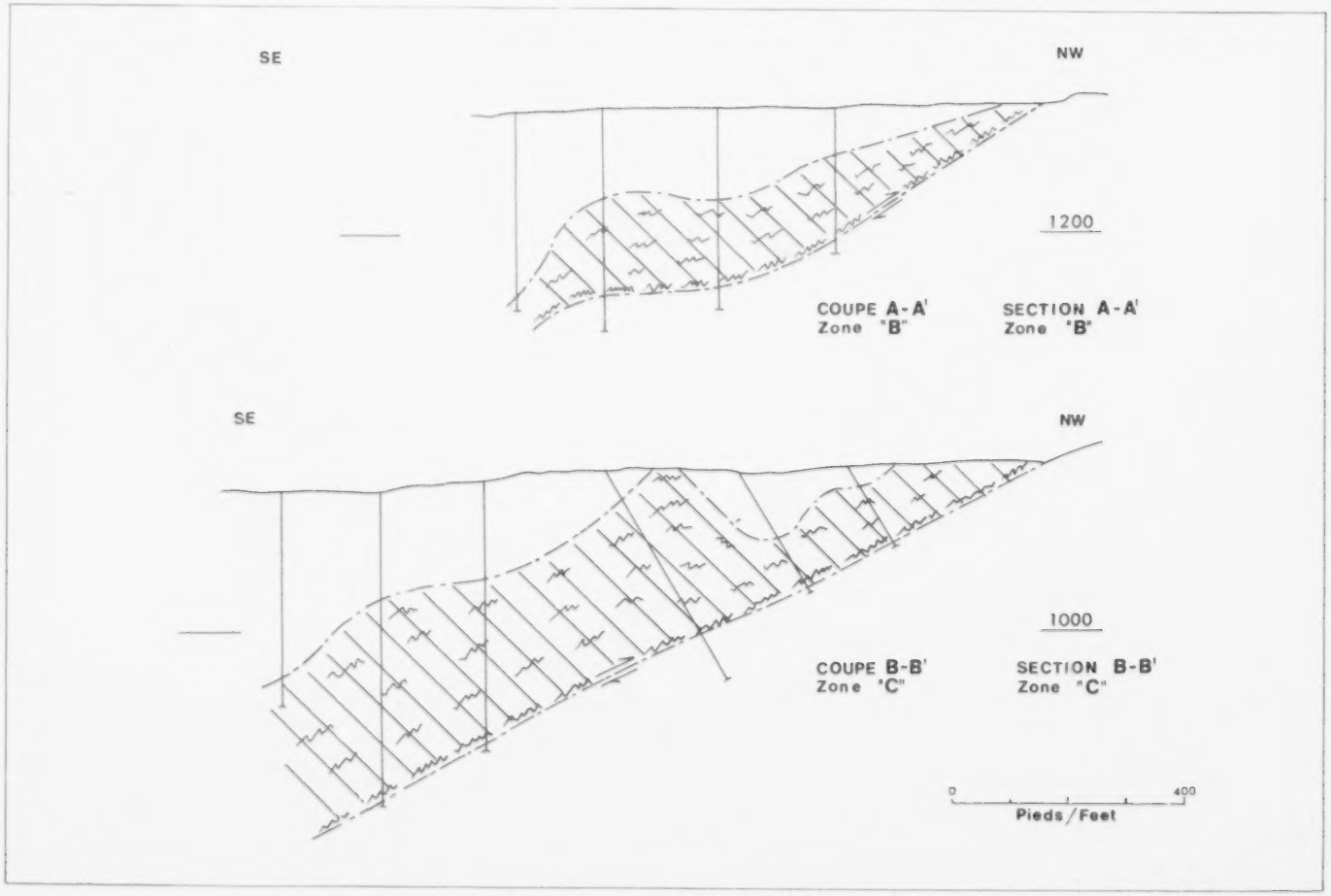


FIGURE – 24 GISEMENTS CAREY CANADIAN – Coupes
CAREY CANADIAN DEPOSITS – Cross-sections

précédemment appelé zone 'B'. Des conditions similaires semblent avoir prévalu dans ces gîtes, sauf que les pendages de l'ordre de 40° étaient plus forts. Au gisement Fraser dans le rang 6/7, une zone à talc et carbonate de 50 à 75 pieds d'épaisseur se trouve le long du mur.

zone referred to above. Similar conditions are believed to have existed in these deposits except for slightly steeper dips of around 40°. At the Fraser deposit in range 6/7 there is a zone from 50 to 75 feet thick of talc-carbonate along the footwall.

GROUPE DE PONTBRIAND

PONTBRIAND GROUP

Le seul gisement du groupe de Pontbriand à être présentement en exploitation est celui de la mine National, que possède maintenant la Lake Asbestos of Quebec Ltd. et qui est situé sur le lot 15 du rang 4/5 du canton de Thetford, à 4 milles au nord-est de Thetford Mines (fig. 25). A cet endroit, le dyke de Pennington atteint une épaisseur maximale de 600 pieds et accuse un pendage moyen de 55°. Il y a une zone de cisaillement de 30 à 50 pieds d'épaisseur le long du contact du mur du dyke où l'on observe une certaine quantité de talc disséminé. A part certains cisaillements mineurs près du centre du dyke, la roche est relativement massive et possède un noyau de péridotite partiellement serpentinisé. La zone minéralisée (fig. 26) a une longueur de 3000 pieds le long de sa direction, une largeur de 600 pieds, et une profondeur indéterminée. La fibre transversale est celle qui prédomine; des quantités mineures mais récupérables de fibres longitudinales y sont associées.

The only deposit in the Pontbriand group being mined at present is the National, owned by Lake Asbestos of Quebec Ltd. and located in lot 15, range 4/5 of Thetford township, 4 miles northeast of Thetford Mines (Fig. 25). At this point the Pennington dyke reaches its maximum thickness of 600 feet and dips at 55° on the average. There is a shear zone, 30 to 50 feet thick at the footwall contact of the dyke, where a fair amount of disseminated talc is present. Apart from minor shears near the middle of the dyke, the rock is relatively massive and has a core of incompletely serpentinized peridotite. The ore zone (Fig. 26) has a strike length of 3000 feet, a width of 600 feet, and an undetermined depth. Cross fibre is prevalent with only minor amounts of slip fibre being recovered.

Le gisement Flintkote, qui a été en opération de 1946 à la fin de 1971, est situé à 1 mille au sud-ouest de la National, sur les lots 18 et 19 du rang IV. Même s'il avait 3000 pieds de longueur, ce gisement, contrairement à celui de la mine National, avait une largeur moyenne de 150 pieds et renfermait une plus forte proportion de fibres longitudinales (fig. 25). Le mur est un schiste à séricite et le toit est formé d'amphibolite qui a

The Flintkote deposit, which was in operation from 1946 to the end of 1971, is situated 1 mile to the southwest of the National, in lots 18 and 19, range IV. Even though it was 3000 feet in length, this deposit, in contrast to that of the National, averaged only 150 feet in width and yielded a higher proportion of slip fibre (Fig. 25). The footwall is a sericite schist and the hanging-wall is composed of amphibolite, which has replaced the

FIGURE – 25 SECTEUR NORD-EST – GROUPE DE PONTBRIAND
NORTHEAST SECTOR – PONTBRIAND GROUP

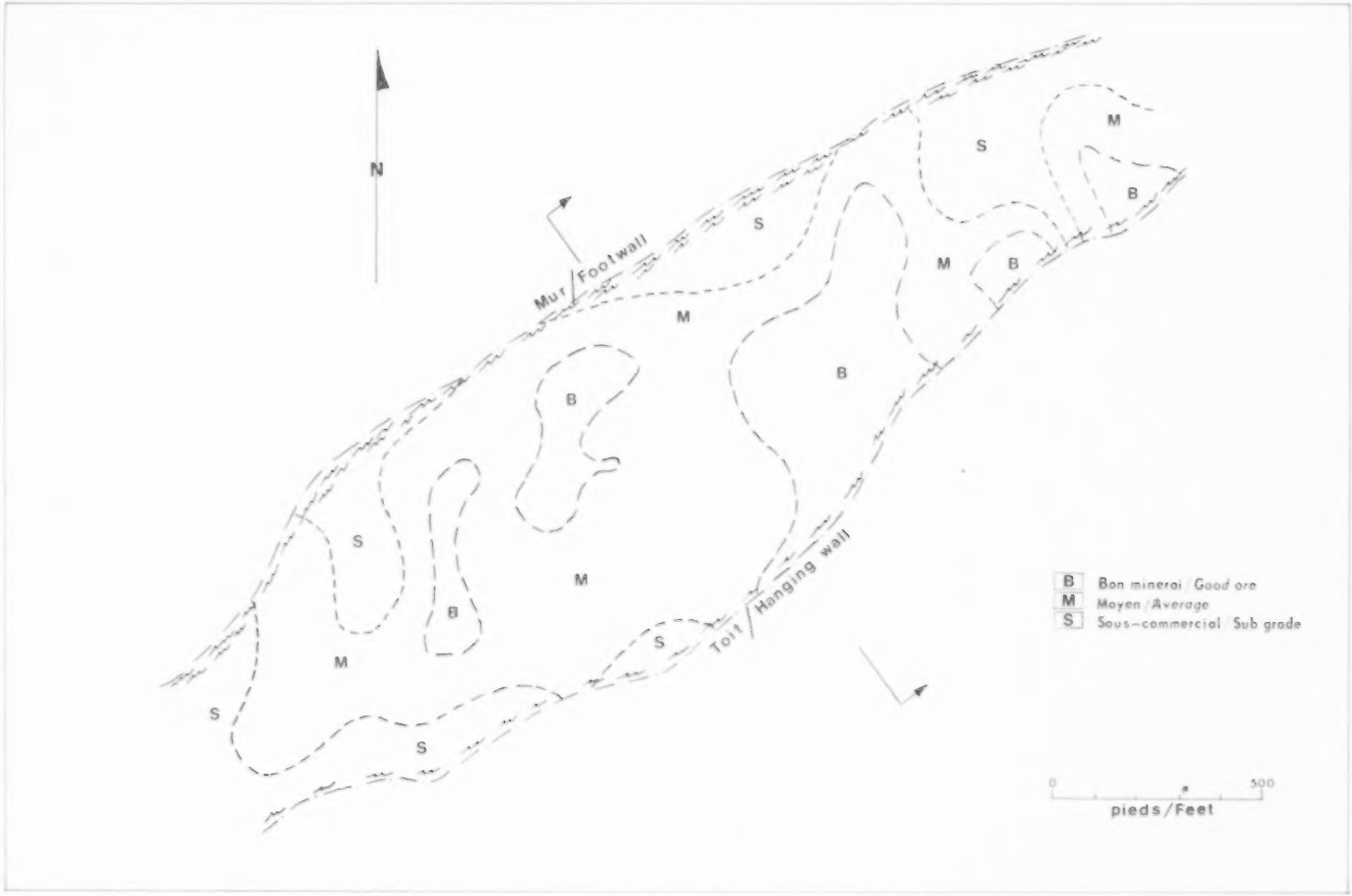


FIGURE - 26 GISEMENT NATIONAL - Niveau de 900'
NATIONAL DEPOSIT - 900' level

remplacé les roches métasédimentaires sur une longueur visible de 4000 pieds et sur une largeur de 200 pieds. Un petit dyke de rodingite se trouve près de l'extrémité sud-ouest du gîte et représente la seule roche non ultramafique observée à date dans le dyke de Pennington.

Le gisement Federal est situé sur le lot 10 du rang V, à 2 milles au nord-est de la National. Il renfermait surtout de la fibre longitudinale et avait une largeur moyenne de 150 pieds et une longueur de 1000 pieds. Le gisement Pennington, situé sur le lot 16 au côté de la National, était plus petit; il mesurait 200 pieds par 600 pieds et renfermait des fibres transversales combinées avec de plus faibles quantités de fibres longitudinales.

D'autres gîtes dans le groupe de Pontbriand du dyke de Pennington renferme principalement de la fibre longitudinale de valeur économique incertaine.

AUTRES GITES

Deux autres petits gîtes, tous deux dans le secteur central, sont présentement exploités par l'Asbestos Corporation Ltd.

Le gisement Poudrier est situé sur les lots 28 et 29 des rangs 'A' et 'B' du canton de Coleraine; il est voisin et partiellement entouré par une des grosses masses tabulaires de granite de la région (fig. 27). D'autres gîtes encore plus petits et en majeure partie exploités sont dispersés à travers la région avoisinante; ils reposent tous à proximité des masses granitiques. Un de ces gîtes est associé à une grosse masse de dunite serpentinisée. Les zones de fractures développées dans la

metasedimentary rocks over a visible length of 4000 feet and a width of 200 feet. A small dyke of rodingite was found near the southwest end of the deposit, and is the only recorded observation of any rock other than ultramafics in the Pennington dyke.

The Federal deposit is located in lot 10, range V, 2 miles northeast of the National. It contained mainly slip fibre and had an average width of 150 feet over a length of 1000 feet. An even smaller deposit, the Pennington, in lot 16, adjacent to the National, had dimensions of 200 by 600 feet with a combination of cross fibre and lesser amounts of slip fibre.

Other deposits in the Pontbriand portion of the Pennington dyke consist mainly of slip fibre and are of uncertain economic potential.

OTHER DEPOSITS

Two other small deposits, both of which occur in the central sector, are presently being mined by Asbestos Corporation Ltd.

The Poudrier deposit is in lots 28 and 29 of ranges 'A' and 'B' of Coleraine township, adjacent to and partially surrounded by one of the larger tabular bodies of granite that occur in this area (Fig. 27). Other even smaller deposits, largely mined out, are scattered through the surrounding area, and all lie very close to the granitic bodies. One of these deposits is associated with a large body of serpentinized dunite. The zones of fracturing developed in the partially

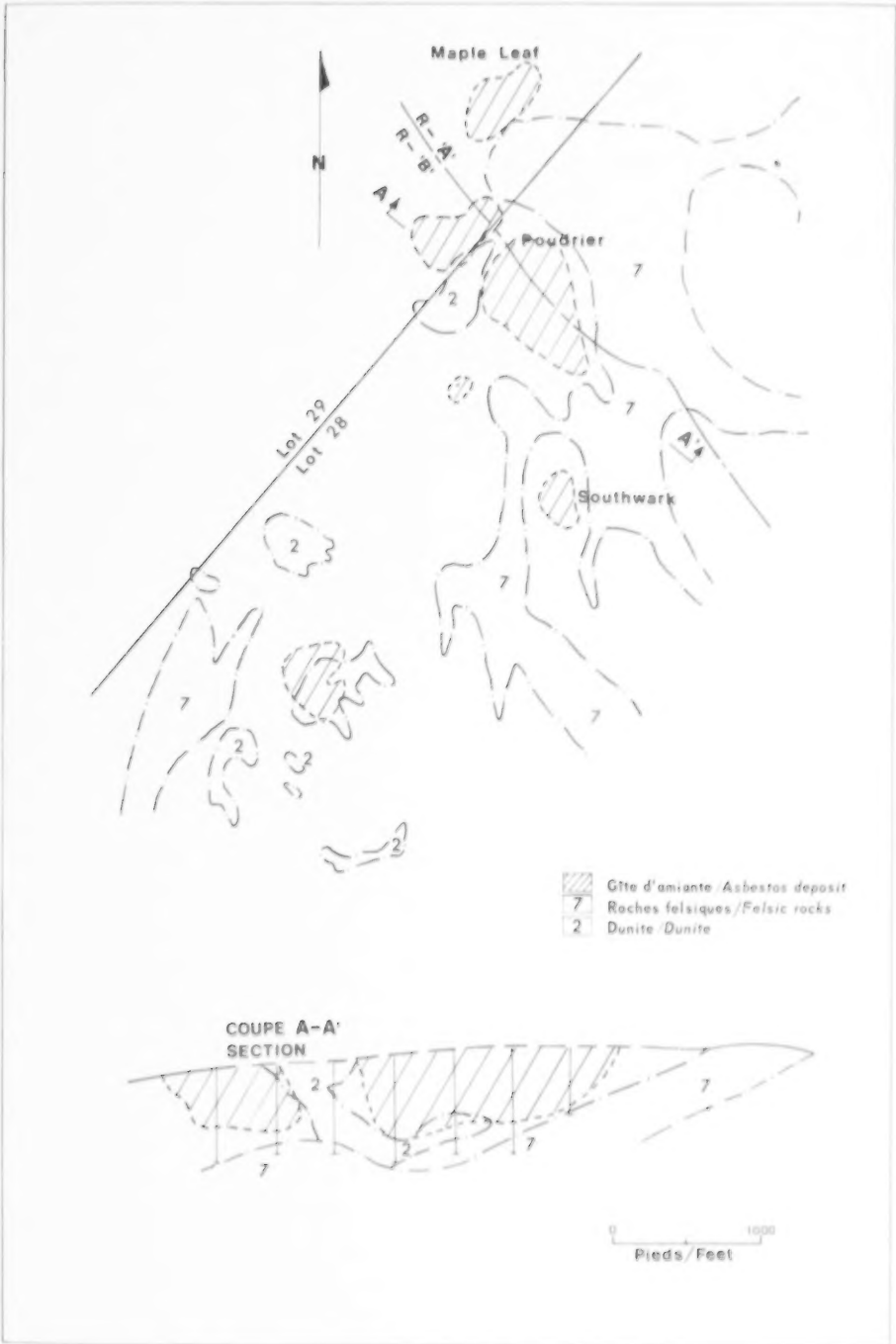


FIGURE – 27 GISEMENT POUDRIER
POUDRIER DEPOSIT

péridotite partiellement serpentinisée renfermant ces gîtes sont évidemment attribuables à la proximité et à la configuration de ces masses de granite et de dunite.

Le gisement Edith est situé sur le lot 28 du rang IV du canton d'Ireland à l'extrémité de la masse de monzonite quartzifère associée au groupe de Black Lake; il repose immédiatement au-dessus du dyke dont le pendage est presqu'horizontal et vers l'ouest.

Dans le passé, d'autres petits gîtes ont fait l'objet de certains travaux; ce sont celui de Belmina, situé sur les lots 23 et 24 du rang II, canton de Wolfestown, à environ 4 milles au sud-ouest du village de Vimy Ridge, et celui de Paré, bloc 'C' du canton de Coleraine, à 2 milles au sud du même village. Ils reposent tous deux près de la bordure de la péridotite et sont associés à des zones de cisaillement.

Une des premières découvertes d'amiante dans le district, si non la plus ancienne, fut celle d'un gisement de fibres longitudinales sur la rivière des Plantes sur le lot 17, rang I N.E. de la Seigneurie de Rigaud-Vaudreuil (Ross, 1931). Cette découverte remonte approximativement au milieu du dernier siècle, alors que la région connaissait une grande activité sur le plan de l'exploration pour l'or en placer. La roche encaissante est intensément cisaillée et aurait pu être une dunite serpentinisée. On y note une ou plusieurs masses granitiques. La zone de fibres a une largeur de 250 à 500 pieds et une longueur de 3500 pieds. La société Golden Age Mines Ltd. produisit de très courtes fibres de ce gisement en 1963.

Plusieurs petites opérations ont été mises en oeuvre dans d'autres régions qui ne sont pas décrites dans le présent rapport: elles ont cependant été décrites ailleurs (Denis, 1930; Tiphane, 1973).

serpentinized peridotite that is host to these deposits evidently owe their existence to the proximity and configuration of these bodies of granite and dunite.

In lot 28, range IV, of Ireland township, the Edith deposit is at the southern extremity of the quartz monzonite body that is associated with the Black Lake group and lies immediately above this dyke, which has a flat dip to the west.

Other small deposits that have been worked in the past include the Belmina, lots 23 and 24, range II of Wolfestown township, about 4 miles southwest of the village of Vimy Ridge, and the Paré of block 'C', Coleraine township, 2 miles south of the same village. Both of these lie close to the margins of the peridotite and are associated with shear zones.

One of the earliest discoveries of asbestos in the district, if not the earliest, was a slip fibre deposit on the Plantes river in lot 17, range I N.E., of the Seigneury Rigaud-Vaudreuil (Ross, 1931). The discovery was made around the middle of the last century when the area was being actively explored for placer gold. The host rock is heavily sheared and may have been a serpentinized dunite. One or more large granitic masses are present. The fibre zone has widths of 250 to 500 feet and a length of 3500 feet. Some very short fibre was produced from the deposit in 1963 by Golden Age Mines Ltd.

A great number of small operations have been carried out in other areas not covered in this report, but are described elsewhere (Denis, 1930; Tiphane, 1973).

DISCUSSION/DISCUSSION

MODE D'ORIGINE

Les descriptions précédentes des différents gîtes d'amiante montrent que ces gîtes ont un certain nombre de caractéristiques en commun pouvant être énumérées comme suit:

a) un certain nombre de masses de dunite associées aux gîtes. Dans quelques cas seulement, ces masses forment une proportion élevée de la roche encaissante.

b) des masses felsiques à l'intérieur ou au voisinage immédiat des gîtes.

c) une zone de faille ou de broyage près du gisement.

d) une serpentinisation intense.

e) un réseau de grandes et de petites failles ainsi que des fractures de tension.

f) une localisation à proximité des bords de la péridotite.

La relation entre les masses de dunite et certains gîtes d'amiante a déjà été discutée. Ajoutons cependant que dans certaines localités, de petites régions amiantifères sont adjacentes à de petites lentilles de dunite complètement serpentinisées; parmi celles-ci, notons les occurrences d'amiante au sud-ouest et à l'est du groupe de Vimy Ridge. Il a été démontré que la dunite altérée, observée dans les plus gros gîtes, renferme

MODE OF ORIGIN.

The preceding descriptions of the various asbestos deposits have shown a number of characteristics which are common to some or all of them. These may be enumerated as follows:

a) a number of dunite bodies are associated with the deposit. In a few cases only, these bodies make up a large proportion of the host rock.

b) felsic masses, either within or in the immediate vicinity of the deposit.

c) a persistent fault or shatter zone near the deposit.

d) intensive serpentinization.

e) a network of large and small faults and tension cracks.

f) proximity to the margins of the peridotite.

The relationship of dunite bodies to certain of the asbestos deposits has already been discussed. It may be added that, in a number of localities, small areas of asbestos-bearing ground are to be found adjacent to small pockets of completely serpentinized dunite; among these are asbestos showings to the southwest and east of the Vimy Ridge group. It has been shown that the altered dunite found in the larger deposits is usually host to lean

habituellement du minerai de faible teneur (le gisement Lake 'C' étant une exception) et peut être souvent responsable de la terminaison abrupte du minerai (fig. 28). La dunite semblerait donc avoir eu un certain effet sur la distribution des veines d'amiante, bien que sa présence ne semble pas avoir été un facteur majeur dans ce sens.

ore (the Lake 'C' ore body being an exception) and may often account for the abrupt termination of ore (Fig. 28). The dunite would therefore seem to have had some effect on the distribution of asbestos veins, although its presence does not seem to have been a major factor in this respect.

FIGURE 28 - Dunite serpentinisée fortement altérée à gauche, en contact avec de la péridotite partiellement serpentinisée à droite; des veines d'amiante parallèles donnent à la péridotite une structure laminée et se terminent ou s'atténuent au contact.
Deeply weathered serpentinized dunite, on left, in contact with partially serpentinized peridotite on right; parallel asbestos veins produced laminated structure in peridotite, and terminate, or fade out, at the contact.

Des masses felsiques, dont certaines de grande dimension, sont présentes en grand nombre presque partout à l'intérieur ou en bordure des gîtes d'amiante. Cependant, on ne trouve aucune masse granitique dans le gisement Nicolet ou dans les gîtes du dyke de Pennington. Dans quelques-unes des plus petites occurrences d'amiante, les roches felsiques, qui ne sont pas visibles en surface, ont été fréquemment

Felsic bodies, some quite large in size, are almost everywhere present in large numbers, either within or adjacent to asbestos deposits. No granitic masses were found in either the Nicolet deposit or in any of the deposits of the Pennington dyke. In some of the smaller asbestos showings, felsic rocks, though not in evidence on the surface, are frequently revealed in drill holes at no great distance from

trouvées dans les trous de forage à peu de distance des veines d'amiante. Ces roches ont été mises en place avant la fracturation intense qui a pris place dans la roche encaissante. Durant l'Ordovicien supérieur ou le Dévonien, le diastrophisme a donné naissance à la majeure partie du chevauchement et de la fracturation qui accompagnait la serpentinisation répandue.

Les masses felsiques ont eu tendance à localiser le cisaillement, le striage et la fracturation subséquente des roches ultramafiques environnantes et ont pu ainsi fournir dans leur voisinage des voies d'accès favorables à la circulation des solutions ayant contribué à la formation des veines de chrysotile. En plusieurs endroits, la zone de minerai est située sous des masses tabulaires de roches felsiques reposant presque à l'horizontal, le meilleur exemple étant le gisement Lake 'C'. Ceci a pu être causé par l'effet de barrage de la roche sus-jacente relativement imperméable. Dans ces cas particuliers, le facteur le plus important semble cependant avoir été l'état de fracturation de la péridotite localisée du côté du mur des masses felsiques.

La serpentinisation intense de la péridotite s'étend sur de vastes zones, ce qui semble suggéré que les solutions responsables de cette altération ont voyagé loin de leur source. L'étroite association des failles ou des zones de cisaillement avec ce remplacement général indique probablement que la serpentinisation s'est diffusée à partir de ces structures majeures, que l'on présume être les principales voies ayant donné accès aux roches avoisinantes. La présence de zones de cisaillement et, localement, de bréchification dans la roche adjacente a fourni des conditions structurales favorables à la formation des gîtes d'amiante. Ces relations caractérisent

the asbestos veining. These rocks were emplaced prior to the extensive rupturing which has occurred within the host rocks. It was later diastrophism, either in the Late Ordovician or Devonian, that gave rise to much of the thrust faulting and fracturing that was accompanied by widespread serpentinization.

The felsic bodies have tended to localise shearing, slickensiding and subsequent fracturing of the surrounding ultramafic rock and may have provided, in this manner, suitable channels in their vicinity for the circulation of solutions which have contributed to the formation of chrysotile veins. In a number of places, the ore zone is situated beneath nearly flat-lying, tabular bodies of felsic rocks, as best exemplified by the Lake 'C' ore body. This may have been due to the damming effect of the relatively impervious, overlying rock. It is believed, however, that the most important factor has been the presence of fracturing, in the peridotite, that has been localized on the footwall side of the felsic masses in these particular cases.

The intensive serpentinization of the peridotite extends over broad zones and seems to suggest that the solutions responsible for this alteration travelled long distances from thier source. The presence of persistent faults or shear zones, in association with this widespread replacement, is believed to be significant and may indicate that serpentinization has spread outward from these major structural features, presumed to be the main arteries through which solutions gained access to the surrounding rocks. Subsidiary shear zones and, locally, brecciation of the intervening ground have provided favorable structural conditions for the formation of asbestos deposits.

la plupart des dépôts, mais ont moins de signification dans certains autres gisements où prévalent certaines conditions, telles que la présence de grosses masses de roches granitiques ou dunitiques qui ont pu avoir une influence dominante sur la fracturation ou la persistance des fractures parallèles, répandues à travers une vaste région, comme dans le cas du groupe de Vimy Ridge.

La proximité des zones d'écrasement et des gîtes d'amiante aux bordures de la péridotite, et particulièrement au contact nord-ouest, indique que les ajustements au sein des roches ultramafiques étaient principalement concentrés dans ces régions.

These relations are characteristic of most of the deposits, but are less significant in some of the other deposits where special conditions exist, such as: the presence of large bodies of granitic rocks or dunite, which are believed to have had a predominant influence on the formation of fractures; or the persistence of parallel fractures over a broad area, as is the case in the Vimy Ridge group.

The proximity of shatter zones and asbestos deposits to the margins of the peridotite, and particularly to the northwest margin, indicates that adjustments within the ultramafic rock were largely confined to these regions.

REGIONS FAVORABLES

La péridotite riche en olivine s'est avérée être la roche encaissante la plus favorable parmi les roches ultramafiques du district.

Les localités les plus favorables, dans lesquelles on peut s'attendre à trouver des gîtes d'amiante, sembleraient être, par ordre de priorité: (1) le terrain en bordure des zones majeures de cisaillement, au-delà de la région immédiate de fracturation la plus intense; (2) au voisinage d'irrégularités prononcées dans le contact des roches ultramafiques; (3) non loin des grosses masses granitiques; et (4) le long des bordures des masses de dunite complètement serpentinisée. En ce qui a trait à (2), de telles irrégularités indiqueraient des conditions particulières de déformation pouvant offrir des structures favorables telles que celles rencontrées dans le groupe de Vimy Ridge et le long du dyke de Pennington.

FAVORABLE AREAS

The olivine-rich peridotite was found to be the most favorable host among the ultramafic rocks of the district.

The most favorable localities in which asbestos deposits may be expected to occur would seem to be, in order of priority: (1) the ground adjacent to major shear zones, beyond the immediate areas within which fracturing has been most intense; (2) in the vicinity of pronounced irregularities in the contact of the ultramafic rocks; (3) adjacent to the larger granitic bodies; and (4) around the margins of bodies of completely serpentinized dunite. In respect to (2), irregularities of this nature would indicate unusual conditions of deformation, which might offer the favorable structures, such as those to be found in the Vimy Ridge group and along the Pennington dyke.

Les grandes unités de dunite, et de péridotite riche en pyroxène qui les accompagnent, semblent avoir subi une serpentinisation plutôt complète dès les premiers stades, ayant ainsi eu tendance à se comporter, dans la plupart des cas, comme des masses plastiques lorsque soumises à certaines contraintes. De petites veines de fibres transversales, atteignant un huitième de pouce de large, et de menues fractures renfermant des fibres longitudinales sont assez couramment observées dans ces roches. Localement, ces courtes fibres peuvent cependant être suffisamment abondantes pour former une masse de valeur économique.

The large units of dunite, and accompanying pyroxene-rich peridotite, seem to have undergone rather complete serpentinization at an early stage and have thus tended to behave, for the most part, as plastic masses when subjected to stress. Small, cross-fibre veins, as much as one eighth of an inch in width, and minute fractures carrying slip fibre are relatively common in these rocks. Locally, these short fibres may, therefore, be in sufficient abundance to form a body of economic value.

Là où elle est intensément serpentinisée, la pyroxénite peut contenir de menues veines de fibres transversales. L'état de serpentinisation plutôt limité de la roche et la présence de minéraux autres que les pyroxènes ferromagnésiens font d'elle un lieu improbable pour le développement de gîte d'amiante

Where intensely serpentinized, pyroxenite may be seen to carry minute, cross-fibre veins. The limited extent of the serpentinization and the presence of minerals other than ferromagnesian pyroxenes in this rock make it an improbable host to asbestos deposits.

Durant les vingt-cinq dernières années, on a effectué de nombreux programmes de forage au diamant et d'échantillonnage en vrac à plusieurs endroits à l'extérieur des secteurs miniers déjà décrits.

Over the past twenty-five years, extensive diamond drilling and bulk-sampling programmes have been conducted at a number of places outside of the mining sectors already described.

Au cours des dernières années, la portion de la chaîne ultramafique située à quelques milles au sud-ouest de la mine Jeffrey a fait l'objet d'une attention particulière. On y a délimité plusieurs zones amiantifères près du contact nord-ouest de la péridotite sur une longueur d'environ 2.6 milles. Au début, c'est à la lumière des résultats d'un levé magnétométrique que la Bornite Copper Corporation a localisé cinq zones minéralisées en amiante sur les lots 8 des rangs XI et XII du canton de Cleveland. La campagne de forage menée plus récemment par la société

In recent years, a good deal of attention has been given to a portion of the ultramafic belt situated a few miles to the southwest of the Jeffrey deposit. A number of fibre-bearing zones have been delineated near the northwest contact of the peridotite over a length of about 2.6 miles. Initially Bornite Copper Corporation, guided by the results of a magnetometer survey, located five fibre-bearing zones in lots 8 of ranges XI and XII in Cleveland township. More recent drilling by Celtic Minerals Ltd. located other zones in range XI, and Pathfinder

Celtic Minerals Ltd. a localisé d'autres zones dans le rang XI, alors que la société Pathfinder Resources Ltd. a décelé trois zones amiantifères dans le rang X, immédiatement au sud-ouest de l'ancienne mine de chrome Sterrett. Il y a un grand nombre de masses felsiques le long des bordures sud-est de ces occurrences d'amiante qui sont toutes trouvées dans de la péridotite serpentinisée. Bien que l'on y ait observé des fibres transversales atteignant trois quarts de pouce de longueur, la longueur moyenne est rapportée comme étant relativement plus courte.

Resources Ltd. have also located three fibre-bearing zones in range X, immediately northwest of the former Sterrett chrome mine. A large number of felsic bodies occur along the southeast sides of these fibre occurrences, all of which are in completely serpentinized peridotite. Although cross fibre up to three quarters of an inch long has been observed, the average length is reported to be relatively short.

Dans le dyke de Pennington, sur les lots 13 et 14 des rangs IV et V et sur le lot 6 du rang V, canton de Thetford, l'Asbestos Corporation Ltd. a délimité d'importants tonnages renfermant surtout de la fibre longitudinale.

On the Pennington dyke, in lots 13 and 14, ranges IV and V, and in lot 6, range V of Thetford township, Asbestos Corporation Ltd. has outlined substantial tonnages containing mainly slip fibre.

SERPENTINE EN VEINE

On trouve les trois variétés de serpentine en proportions variables dans les roches encaissant les gîtes d'amiante. La variété la plus commune est cependant rapportée comme étant la lizardite, ceci étant basé sur des déterminations aux rayons-X effectuées sur des échantillons provenant de deux régions bien distantes l'une de l'autre au sein de la chaîne ultramafique du sud-est québécois, l'une étant la mine Jeffrey et l'autre le mont Albert en Gaspésie (Aumento, 1970). La chrysotile vient probablement au second rang en abondance, alors que l'antigorite est surtout confinée aux régions où il y a eu du cisaillement et aux zones de contacts, y compris les contacts avec les masses felsiques.

VEIN SERPENTINE

All three varieties of serpentine occur with varying abundance in the host rocks of the asbestos deposits. However, the most common variety is reported to be lizardite, based on X-ray determinations made of specimens taken from two widely separated areas in the ultramafic belt of southeastern Québec, one being the Jeffrey deposit and the other Mount Albert in the Gaspé peninsula (Aumento, 1970). Chrysotile is probably the next most abundant variety, while antigorite is largely confined to areas where shearing has occurred and to contact zones, including those of the felsic bodies.

La serpentine en veine est principalement constituée de chrysotile sous forme d'amiante ou de picrolite. Les identifications aux rayons-X effectuées en 1952 par Fernand Claisse du ministère des Mines du Québec et en 1973 par F.J. Wicks du département de Minéralogie, Musée Royal de l'Ontario, semblent appuyées cette conclusion. Bien que le nom 'picrolite' ait normalement été identifié à l'antigorite, il a également été utilisé pour qualifier les agrégats de minéraux de serpentine luisants, vert jaunâtre ou vert pâle à foncé, en bâtonnets ou en bandes, associés aux surfaces des veines ou des failles dans les gîtes d'amiante. Ces minéraux de serpentine sont principalement composés de chrysotile avec de faibles quantités d'antigorite.

Vein serpentine is mainly composed of chrysotile in the form of asbestos or picrolite. X-ray identifications, made in 1952 by Fernand Claisse of the Québec Department of Mines and in 1973 by F.J. Wicks of the Department of Mineralogy, Royal Ontario Museum, tend to substantiate this conclusion. Even though the name 'picrolite' has normally been identified with antigorite, it has also been applied to aggregates of shiny, yellowish green or pale to dark green, columnar or banded serpentine minerals found in association with veins and fault surfaces in the asbestos deposits. These serpentine minerals are, for the most part, composed of chrysotile, with minor amounts of antigorite.

VEINES DE PICROLITE

Il y a beaucoup d'évidence de plusieurs stades de formation de veines de picrolite, certaines veines de picrolite étant tronquées par d'autres plus récentes. Au contraire, les veines d'amiante ne se recoupent que rarement, si ce n'est jamais.

Une variété courante de matériel picrolitique trouvé le long des plans de failles, et particulièrement dans les failles associées au type de terrain fracturé en blocs, est formée de faisceaux et de gerbes de fibres grossières et non flexibles reposant à peu près parallèlement au plan de la fissure. Ce matériel est généralement doux, blanc à vert jaunâtre pâle, et possède une cassure écailleuse. Les fibres se séparent difficilement et se cassent généralement avec facilité. Ce minéral passe progressivement à l'amiante soyeuse ou à une forme lamellaire compacte et cassante, vert pomme et

PICROLITE VEINS

There is ample evidence of several stages of picrolite vein formation, with earlier veins of picrolite being cut by later ones. In contrast, asbestos veins rarely, if ever, exhibit cross-cutting relations.

A common variety of picrolitic material occurring along fault planes, and particularly in those associated with the blocky type of ground, is made up of bundles and sheaves of coarse, non-flexible fibres, which lie roughly parallel to the plane of the fissure. It is generally soft, white to pale yellowish green, and has a splintery fracture. The fibres separate with difficulty, and generally break easily. This material grades into either silky asbestos or apple-green and darker shades of a compact, brittle platy form that, under the microscope, is found to be composed of twisted fibres; all are considered

plus foncé qui, sous le microscope, s'avère être composée de fibres tordues. Toutes ces formes sont considérées comme étant des variétés de serpentine en fibres longitudinales (fig. 29).

to be varieties of slip-fibre serpentine (Fig. 29).

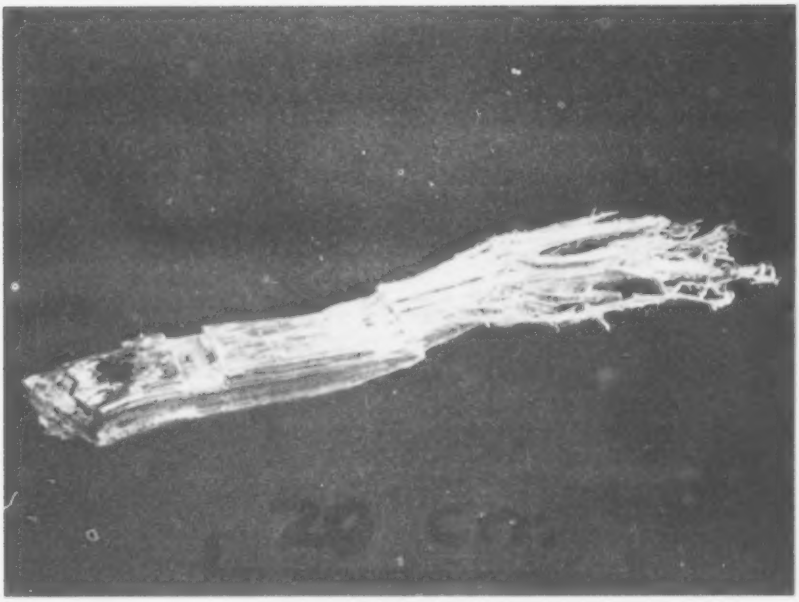


FIGURE 29 - Picrolite, à gauche, passant à de la fibre soyeuse et longitudinale d'amiante; la picrolite et l'amiante sont composées d'un mélange de clino- et d'orthochrysotile.
Picrolite, at left, grading to silky slip-fibre asbestos; both picrolite and asbestos are composed of a mixture of clino- and orthochrysotile.

Un autre type courant de serpentine en veine est celui composé d'une variété vert pâle qui est normalement compacte et qui montre, dans bien des cas, une structure en bâtonnets et un fin rubanement parallèle aux épontes de la veine. La dimension des veines varie de veinules microscopiques à des largeurs d'un pouce. Dans certains cas, les veines sont vert foncé ou d'une couleur brun olive bien typique de la roche encaissante serpentinisée; elles ont habituellement un lustre cireux. Bien que certaines veines soient exceptionnellement dures et compactes, d'autres

Another common type of vein serpentine is that composed of a light green variety which is normally compact and, in many instances, displays a columnar structure and a delicate banding parallel to the vein walls. Veins range in size from microscopic veinlets to an inch wide. In some cases the veins are dark green, or assume the olive brown colour so typical of the serpentinized host rock, and usually have a waxy lustre. Although some of the veins are unusually hard and compact, others are surprisingly soft, so that they may be mistaken for talc. The

sont remarquablement douces, si bien qu'on peut les confondre avec le talc. Les variétés les plus douces semblent renfermer une plus forte proportion d'eau résiduelle puisqu'elles tendent à perdre du poids et à s'effriter après avoir été brièvement exposées à l'atmosphère.

softer varieties appear to have a high content of uncombined water, for they tend to lose weight and crumble after brief exposure to the atmosphere.

Les fines bandes ou lentilles parallèles aux côtés des veines de serpentine ne mesurent habituellement qu'une fraction de millimètre mais peuvent atteindre plusieurs millimètres d'épaisseur (fig. 30). Ce rubanement est accentué davantage par des faibles nuances de couleur et la séparation entre les bandes successives est généralement bien marquée. Il n'y a que très peu de bandes qui soient parfaitement droites; elles reflètent les irrégularités dans les épontes de la veine qui sont faiblement ondulées. Le rubanement ne s'étend pas sur toute la largeur de chaque veine, mais est généralement confiné à une ou aux deux bordures de la veine.

The delicate bands, or lenses, paralleling the walls of the serpentine veins are usually only a fraction of a millimeter in thickness but may reach as much as several millimeters (Fig. 30). The banding is further emphasized by slight differences in colour and the parting between successive bands is usually sharp. Very few bands are perfectly straight; they reflect the irregularities in the vein wall, which is slightly corrugated or wavy. The banding does not extend across the full width of every vein, but is usually confined to one or both margins of the vein.

Au microscope, les bandes individuelles de serpentine sont composées de fibres transversales et parallèles ayant une attitude pouvant aller de normale à oblique aux marges de la bande. En lumière polarisée, la position d'extinction diffère d'une bande à l'autre, ce qui est attribuable à de faibles différences dans l'orientation des fibres dans les bandes successives. Dans certaines bandes, on observe une extinction roulante transversale aux bandes et apparemment due à la courbure des fibres. Dans certains cas, la structure fibreuse peut être continue à travers plusieurs bandes dont les bords sont marqués par ce que l'on présume être des inflexions ('kinks') bien nets dans les fibres. Dans un échantillon renfermant des veines rubanées, les bandes individuelles apparaissent composées de serpentine cryptocristalline,

Under the microscope, individual bands of serpentine are found to be composed of transverse, parallel fibres which occupy a position anywhere from normal to oblique to the margins of the band. Under polarized light, the position of extinction, which differs in alternate bands, is due to slight differences in the orientation of the fibres in successive bands. In some bands, sweeping extinction occurs transverse to the bands and is apparently due to curvature of the fibres. In some cases, the fibrous structure may be continuous across several bands, whose margins are marked by what are presumably sharp kinks in the fibres. In one specimen of banded vein material, individual bands appear to be composed of cryptocrystalline serpentine with slightly coarser and more birefringent material along the partings,

accompagnée de matériel un peu plus grossier et plus biréfringent le long des séparations, ce qui suggère un stade précoce dans l'évolution des variétés plus cristallines.

suggesting an early stage in the evolution of the more crystalline varieties.

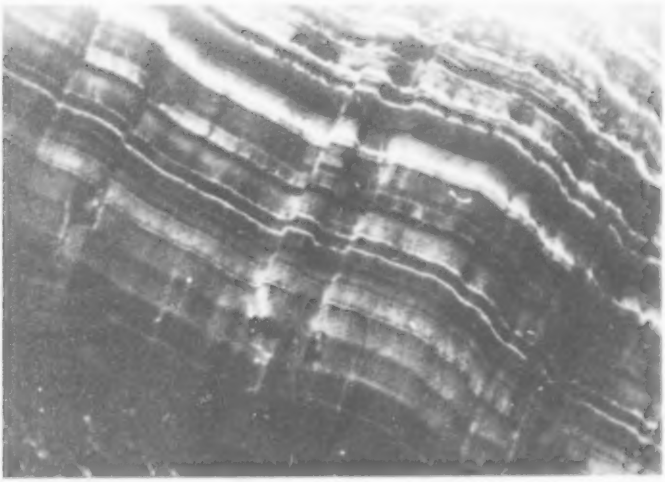


FIGURE 30 - Picrolite rubanée (ou en bandes) montrant une structure fibreuse transversale et formée de clinochrysotile; des inflexions prononcées, ou des discontinuités, sont présentes où les fibres traversent d'une bande à l'autre; dans la partie inférieure gauche, la roche encaissante est formée principalement de serpophite et de magnétite; nicols croisés, X 18.
Banded (or banded) picrolite displaying cross-fibre structure, is composed of clinochrysotile; sharp flexures, or discontinuities, occur where fibres cross from one layer to another; wall rock at lower left is mainly serpophite and magnetite; X-nicols, x 18.

Localement, la structure de ces veines est accentuée davantage par le caractère jaunâtre et embrumé de certaines bandes, ou par la présence de faibles proportions de brucite dans quelques bandes. Les veines montrent de plus en plusieurs endroits une forme composée (fig. 31), où le rubanement est limité aux murs, la portion centrale ressortant de façon très contrastée. Les bordures extérieures des portions rubanées tendent à passer graduellement à la roche encaissante, qui peut être formée d'olivine relativement fraîche, alors que dans le cas des plus grosses

Locally, the structure of these veins is further emphasized by the yellowish and cloudy character of certain bands, or by the presence of minor amounts of fine-grained brucite in some bands. Furthermore, they display, in several places, a composite form (Fig. 31) wherein the banding is confined to the walls, the central portion standing out in sharp contrast. The outer margins of the banded portions tend to fade into the wall rock, which may be composed of relatively unaltered olivine, whereas, in the case of the larger veins, the wall rock is

veines la roche encaissante est formée de serpentine isotrope accompagnée d'une bonne quantité de magnétite disséminée. Les portions centrales et rubanées sont composées de fibres transversales. Cependant, il existe dans certains cas une différence bien marquée entre l'orientation des fibres dans la portion centrale et les fibres latérales. L'orientation des zones marginales est généralement la même des deux côtés de la veine. Une veinule presque continue, ou une couche, de magnétite occupe habituellement le centre de la veine, alors que l'on note dans certains cas la présence de lentilles dans la portion rubanée.

composed of isotropic serpentine with abundant disseminated magnetite. The central and banded portions are composed of transverse fibres. However, there is, in some cases, a marked difference between the orientation of the fibres in the central portion and those in the margins. The orientation in the marginal zones is generally common to both sides of the vein. An almost continuous string, or sheet, of magnetite usually occupies the center of the vein, while lenses occur in some instances within the banded portion.

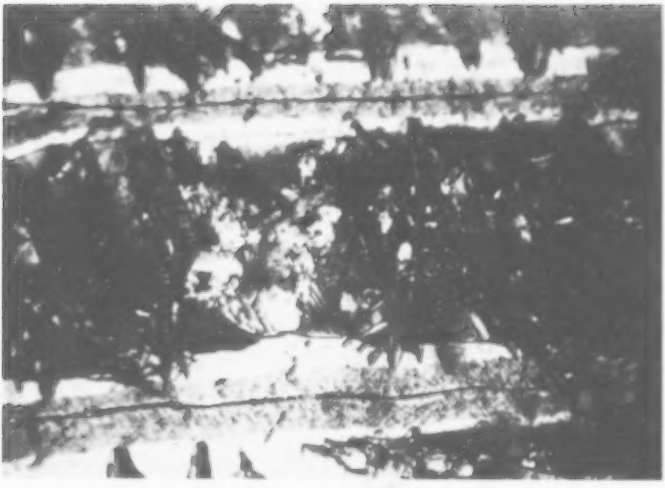


FIGURE 31 - Veines composées de fibres transversales de picrolite recoupant un réseau primaire de veines de serpentine; des vestiges des veines primaires ont été préservés dans les murs de la veine mixte; la fibre transversale dans les portions marginales a souvent une orientation commune, distincte de celle des portions centrales des fissures remplies; les veinules de magnétite occupent la position centrale de chaque veine mixte; nicols croisés, X 60.
Composite cross fibre picrolite veins cutting across primary network of serpentine veins; remnants of primary veins have been preserved in the walls of the composite vein; cross fibre in marginal portions has common orientation distinct from that of central fissure-filled portions; magnetite stringers occupy central position in each composite vein; X-nicols, x 60.

Où les veines rubanées recoupent le réseau primaire de veines développé durant le stade initial de serpentinisation, ces dernières se perdent dans les bordures rubanées (fig. 31). Lorsque deux veines composées se recoupent, les portions rubanées des deux veines se fondent ensemble à leur jonction; une veinule de magnétite peut en traverser une autre, alors que les portions centrales de la serpentine sont brisées en petits segments fibreux et irréguliers. Ceci suggère donc que les portions rubanées représentent un remplacement des murs, alors que la portion centrale est probablement du matériel de remplissage.

Where the banded veins cut the primary network of veins developed during the initial stage of serpentinization, the latter fade out within the banded margin (Fig. 31). Where two composite veins cross one another, the banded portions of the two veins merge at the junction; one string of magnetite may be seen to cross the other, while the central serpentine portions are broken up into a number of irregular fibrous segments. This suggests, therefore, that the banded portions represent replacement of the walls, whereas the central portion is probably fissure-filling.

Les fissures remplies ne sont pas toutes accompagnées de bordures rubanées. Certaines passent longitudinalement à de la serpentine amorphe ou à du matériel légèrement et irrégulièrement anisotropique et probablement cryptocristallin. Plusieurs des plus petites veines, nulle n'ayant des bords rubanés, sont composées de serpentine amorphe. D'autres veines ont une portion centrale normale, formée de fibres transversales accompagnées de bordures amorphes qui semblent avoir remplacé les murs originaux.

Not all of the fissure-fillings are accompanied by banded margins. Some grade along their length into amorphous serpentine or material that is slightly and irregularly anisotropic and probably cryptocrystalline. Many of the smallest veins, none of which have the banded margins, are composed of amorphous serpentine. Other veins have the normal central portion of transverse fibres accompanied by amorphous margins which appear to be replacement of the original walls.

Les bords de ces veines qui sont composés de serpentine amorphe ou de serpentine fibreuse rubanée passant à de la serpentine amorphe, suggèrent une forme de 'remplacement' colloïdal.

The margins of those veins, which are composed of amorphous serpentine or banded fibrous serpentine grading into amorphous serpentine, suggest a form of colloidal 'replacement'.

La nature sombre de certains remplissages de veines et de certaines bandes est considérée comme étant attribuable à la déposition du fer à partir de l'état colloïdal. Une analyse plus complète montre que le contenu en eau résiduelle de ces veines est considérablement plus élevé que celui de la roche encaissante normale (Cooke, 1937).

The cloudy nature of some of the vein-fillings and bands is thought to be due to the deposition of iron from a colloidal state. Furthermore, analyses show that the content of uncombined water in these veins is considerably higher than that of the normal wall rock (Cooke, 1937).

Les différentes caractéristiques de ces veines suggèrent qu'elles sont probablement d'origine colloïdale, que la phase solide initiale ait été amorphe ou cryptocristalline, et que, à une date ultérieure dans son processus d'évolution, ce matériel avait dans la plupart des cas une forme fibreuse.

The various characteristics of these veins suggest that they probably had a colloidal origin, that the initial solid phase was amorphous or cryptocrystalline, and that, at some later stage in the process of their evolution, this material, in most cases, assumed a fibrous form.

VEINES 'SERRATEES'

Au microscope, on peut observer une variété fibreuse de serpentine de chaque côté de la fracture centrale. Cette croissance fibreuse est grossièrement normale au plan de la fracture et donne lieu à une veine microscopique avec des bordures 'serratées' bien nettes (fig. 12). Localement, une partie du matériel de la veine nous apparaît comme étant de forme lamellaire et dans certains cas, cette variété semble être le seul constituant. Les fibres ne sont pas partout rigoureusement parallèles, mais montrent une extinction roulante dans le sens de la longueur de la veine. Les fractures associées à ces veines sont habituellement très irrégulières et, selon les relations observées, il est évident que la serpentine fibreuse a remplacé les murs. Certaines fractures peuvent avoir une mince couche de serpentine à faible biréfringence et un peu de magnétite.

SERRATED VEINS

Under the microscope, a fibrous variety of serpentine may be observed on either side of a central fracture. This fibrous growth is roughly normal to the plane of the fracture and produces a microscopic vein with sharply serrated margins (Fig. 12). Locally, a proportion of the vein material appears to have a bladed form and, in some cases this variety seems to be the sole constituent. The fibres are not everywhere perfectly parallel, but display a sweeping extinction along the length of the vein. The fractures associated with these veins are usually very irregular, and it is evident from the relationships to be found that the fibrous serpentine has replaced the walls. Some of the fractures may have a thin filling of low birefringent serpentine and a little magnetite.

Dans certains cas, une bonne partie du matériel de la veine 'serratée' est du chrysotile fortement biréfringent. La bifurcation et l'intersection des veines de serpentine de ce type donnent un effet ressemblant à un patron dendritique. La production successive de veines est courante et, dans certains cas, les fractures peuvent être suffisamment rapprochées pour avoir permis le remplacement quasiment total du matériel original de la roche, donnant ainsi naissance à une forme de fibre massive.

In some instances, much of the material in the serrated vein is actually chrysotile, with a noticeably high birefringence. Branching and intersecting serpentine veins of this type produce an effect similar to a dendritic pattern. Successive veining is common and, in some cases, the fractures may be sufficiently closely spaced to have allowed for almost complete replacement of the original material of the rock, giving rise to a form of mass fibre.

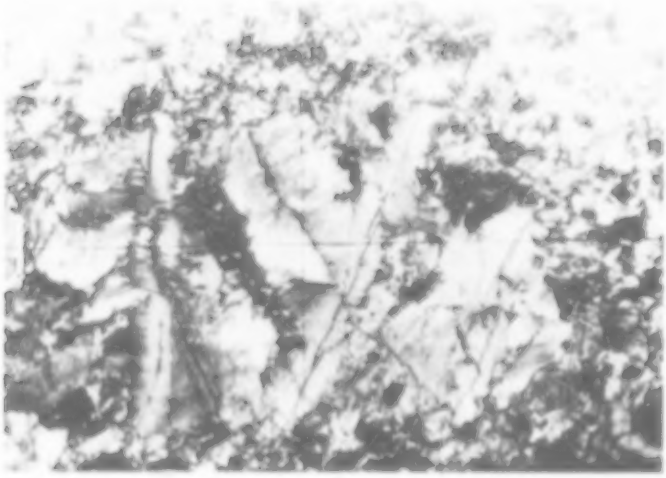


FIGURE 32 - A partir de micro-fractures, les fibres de chrysotile croissent vers l'extérieur pour former des veines serratées; le patron dendritique donne lieu à un remplacement par des fibres massives.
Chrysotile fibres grow outward from micro-fractures to form 'serrated' veins; dendritic pattern develops 'mass' fibre replacement.

VEINES D'AMIANTE

CARACTERISTIQUES

A l'exception du dyke de Pennington, la plupart des veines d'amiante contenues dans les gîtes du sud-est québécois sont composées de fibres transversales. Toutefois, une bonne quantité de fibres longitudinales peut aussi accompagner les fibres transversales ou se loger dans des zones où la déformation fut plus intense.

A titre de référence, nous avons énuméré ci-dessous les principales caractéristiques de la fibre transversale. Ces données sont basées sur les observations de Cirkel (1910), Dresser (1913), Harvie (1923), Cooke (1937), Graham (1944), et Laliberté (1972), de même que sur celles de l'auteur:

ASBESTOS VEINS

CHARACTERISTICS

With the exception of the Pennington dyke, most of the asbestos veins in the deposits of southeastern Quebec are composed of cross fibre. However, a good deal of slip fibre may occur in conjunction with the cross fibre or in zones where the deformation has been more intense.

The characteristics of the cross-fibre veins are tabulated below for purposes of easy reference. These data are based on the observations of Cirkel (1910), Dresser (1913), Harvie (1923), Cooke (1937), Graham (1944), and Laliberté (1972), as well as on those of the writer:

a) Largeur - inférieure à trois huitièmes de pouce dans la plupart des cas et pouvant atteindre 4 pouces.

b) Formes - petites veines en "gash", lentilles, ou veines continues atteignant plusieurs dizaines de pieds de longueur. Elles peuvent être droites, courbes, ou irrégulières. Elles peuvent de plus s'intersecter, bifurquer ou avoir des embranchements mineurs.

c) Couleurs - normalement dans des tons de vert pomme, vert foncé, ou brun olive. Ces couleurs sont habituellement continues sur toute la largeur de la veine et se rapprochent de la couleur de la roche encaissante.

d) Fibres - variétés soyeuses, semi-rudes, et rudes, dépendant de leur rigidité et leur cohésion. Elles sont parallèles et peuvent reposer perpendiculairement ou obliquement par rapport aux murs de la veine. Fils par de fibres sont parfaitement droites; elles possèdent des courbures normalement faibles mais pouvant être assez prononcées. Ces corrugations peuvent s'étendre sur toute la veine, peuvent être graduellement remplacées par d'autres, ou peuvent se fondre pour donner à la veine une apparence rubanée.

e) Décollements - un ou plusieurs plans de décollement peuvent être présents; ils sont généralement parallèles à la veine, bien qu'irréguliers, et sont composés de picrolite et de magnétite. Dans certains cas, les décollements divisent la veine en lentilles d'amiante disposées en échelon. L'attitude des fibres est habituellement la même des deux côtés du décollement.

a) Widths - mostly under three eights of an inch and reaching up to 4 inches.

b) Form - minute gash veins, lenses, or continuous veins up to several tens of feet in length. They may be straight, curved, or irregular. They may intersect, branch or have minor offshoots.

c) Colour - normally in shades of apple-green, dark green, or olive-brown, which are usually constant across the width of the vein and approach the colour of the wall rock.

d) Fibres - silky, semi-harsh, and harsh varieties, depending on their rigidity and cohesion. They are parallel and may lie perpendicular or oblique to the walls of the vein. Few of them are perfectly straight; they normally display minute corrugations, some of which may be pronounced. These corrugations may be persistent along the vein, may gradually be replaced by others, or may coalesce and give the vein a banded appearance.

e) Partings - one or more may be present; they are generally parallel to the vein, even though locally irregular, and composed of picrolite and magnetite. Partings, in some instances, divide the vein into en-echelon lenses of asbestos. The attitude of the fibres is usually the same on both sides of the parting.

f) Magnétite - elle se présente en grains fins dans des bandes ou lentilles irrégulières pouvant occuper différentes positions dans les veines de serpentine, bien qu'elles soient surtout orientées à peu près parallèlement aux murs de ces veines. Certaines bandes de magnétite peuvent être parallèles aux fibres.

f) Magnetite - it occurs as fine grains in irregular sheets or lenses which may occupy any position in the serpentine veins, although they tend to roughly parallel the walls of these veins. Some magnetite stringers may parallel the fibres.

g) Murs - ils sont communément nets et ne sont brisés que par de petites irrégularités. Certaines veines ont des bordures distinctement crénulées suggérant un certain remplacement. Les irrégularités majeures d'un côté de la veine coïncident normalement avec celles du côté opposé. La magnétite abonde habituellement dans des enclaves et dans les roches encaissantes immédiatement adjacentes à la veine. Dans certains cas les murs peuvent être striés et recouverts de picrolite.

g) Walls - they are commonly sharp with only minute irregularities. Some veins have distinctly crenulated margins, suggesting some replacement. Major irregularities can normally be matched with the opposing wall. Magnetite is usually abundant in inclusions and in the wall rock immediately adjacent to the vein. In some cases, the walls may be slickensided and coated with picrolite.

h) Enclaves - les enclaves de la roche encaissante prennent la forme de minces vestiges ou de fragments anguleux, dont plusieurs, mais non tous, épousent les irrégularités du mur. Certains ont évidemment été déplacés le long de la veine. On note localement la présence d'enclaves de serpentine rubanée ou en bâtonnets, alors que des enclaves de picrolite pouvant être orientées obliquement à la veine tendent à la diviser en lentilles.

h) Inclusions - the wall rock inclusions take the form of thin salvages or angular fragments. Many, although not all of these, match irregularities in the wall. Some have evidently been displaced along the vein. Inclusions of banded or columnar serpentine are locally present. Inclusions of picrolite may run oblique to the vein and tend to break it up into lenses.

i) Intersections - les fibres de deux veines peuvent se fondre ensemble, ou il peut y avoir un mélange confus de magnétite, de serpentine et d'amiante aux intersections des veines. Plusieurs jonctions de veines sont marquées

i) Intersections - the fibres of both veins may coalesce, or there may be a confused mixture of magnetite, serpentine and asbestos at vein intersections. Many vein junctions are marked by the presence of abundant magnetite. At

par la présence abondante de magnétite. A certaines intersections, la fibre de la portion marginale d'une veine peut contourner un coin pour rejoindre la fibre marginale de l'autre veine.

some intersections, the fibre of the marginal portion of one vein may be seen to swing around the corner to merge with the marginal fibre of the other vein.

j) Déplacement - la formation de failles postérieure à l'amiante n'est pas courante et est généralement très locale.

j) Displacement - post-asbestos faulting is not common and is generally very local.

k) Passages graduels - l'amiante peut donner lieu à de la serpentine rubanée latéralement ou longitudinalement à la veine et, dans certains cas, semble dégénéré en lentilles. Les veines peuvent se terminer brusquement ou s'atténuer graduellement dans la roche encaissante sans aucune diminution dans leur épaisseur.

k) Gradations - asbestos may give way to banded serpentine, either laterally or along the length of the vein, and in some cases appears to lens out. Veins may terminate abruptly, or fade out into wall rock, without any gradual decrease in width.

MODE DE FORMATION

Parmi les nombreuses hypothèses offertes pour expliquer l'origine des veines d'amiante, la plupart s'accordent à dire qu'un important réseau de fractures était un pré-requis. Certains prétendent que les fibres ont poussé entre les murs originaux de la fracture, entre autres Taber (1924), Keep (1929), Bain (1932), Cooke (1937), Badollet et Faessler (1947), et, plus récemment, Gabrielse (1960), Biljon (1964), Laubscher (1964), Tatarinov et Artemov (1967) et Laliberté (1972). D'autre part, il y a ceux qui ont conclu que la croissance des fibres s'est faite en dehors des murs originaux de la fracture: Dresser (1917), Harvie (1923) et Graham (1944). Hendry et Conn (1956), et Grubb (1962) ont indiqué que certaines des veines d'amiante près de Matheson, en Ontario, montrent des évidences du développement des fibres en dehors de la fracture.

MODE OF FORMATION

Of the many explanations offered to account for the origin of asbestos veins, most are in agreement that an extensive fracture system was a prerequisite. There are those who support the view that the fibres grew between the original fracture walls, as postulated by Taber (1924), Keep (1929), Bain (1932), Cooke (1937) and Badollet and Faessler (1947), and, as more recently stated, by Gabrielse (1960), Biljon (1964), Laubscher (1964), Tatarinov and Artemov (1967) and Laliberté (1972). On the other hand, there are those who concluded that fibre growth took place outside the original fracture walls, as proposed by Dresser (1917), Harvie (1923) and Graham (1944). Hendry and Conn (1956), and Grubb (1962) indicated that some of the asbestos veins near Matheson, Ontario, show evidence of fibre development outside the fracture.

Une variante intéressante de ces deux modes d'origine est celle favorisant l'élargissement de la fracture par une dissolution progressive des murs suivie de la cristallisation de la chrysotile, de l'amiante picrolitique, ou des deux à partir du gel qui en résulte (Marenkov, 1958). Ce processus se rapproche beaucoup de celui qui avait déjà été proposé (Riordon, 1955) et voulant que les veines d'amiante aient pris naissance à l'aide de la formation de matériel colloïdal dans les fissures et dans les murs adjacents, desquels la picrolite a cristallisé, ayant par la suite été convertie en chrysotile.

Ce procédé, qui implique la croissance des fibres d'amiante entre les murs originaux de la fissure, requiert la séparation des murs à mesure que les fibres croissent. Seule une séparation progressive des murs saurait satisfaire cette hypothèse. On peut cependant s'attendre à ce que, dans la plupart des cas, ce mouvement soit rapide ou soudain, de telle sorte que les murs aient aussitôt assumé leur position actuelle immédiatement après la fracturation de la roche. La seule autre alternative serait que les fibres d'amiante se soient développées dans un espace vide à partir des deux murs. Les veines de fibres transversales sont communément rompues; si les fibres s'étaient développées simultanément et indépendamment à partir des deux murs, il semble peu probable que les fibres aient adopté des deux côtés la même inclinaison par rapport aux murs de la veine, ce qui est la règle. Si les fibres originales s'étaient développées perpendiculairement aux deux murs, toute déviation qu'enregistrerait l'amiante de son attitude serait imputable à une déformation ultérieure, et il y a peu d'évidence dans ces veines compactes qui appuie une telle interprétation.

An interesting variation on these two alternative modes of origin is that which envisages widening of the fracture through progressive dissolution of the walls, followed by crystallization, from the resulting gel, of chrysotile asbestos, or picrolitic asbestos, or both (Marenkov, 1958). The process suggested by Marenkov has much in common with an earlier proposal (Riordon, 1955), that asbestos veins originated through the formation of colloidal material in the fissures and in the adjacent walls, from which picrolite crystallized, being later converted to chrysotile.

The process involving growth of asbestos fibres between the original walls of the fissure requires that the fissure walls separate as the fibre grows. This hypothesis could only be satisfied by a gradual separation of the walls. It might be expected, however, that this movement, in most cases, would be rapid or sudden, such that the walls would have assumed their present position immediately after the rock has fractured. The only other alternative would be for the asbestos fibres to have grown outward into the open space from one or both walls. Split cross-fibre veins are common; if growth had occurred simultaneously and independently from both walls it seems improbable that the fibres on both sides would have assumed the same inclination to the vein walls, which is the rule. Had the original fibres grown perpendicular to both walls, then later deformation of asbestos would have to account for any deviations from that attitude, and there is little evidence in these compact veins to support this view.

La théorie postulant la formation de l'amiante exclusivement en dehors des murs de la fissure exigerait que la fissure n'ait jamais été ouverte, ou, du moins, que cette ouverture n'ait été que microscopique. Encore une fois, ceci est contraire à ce que l'on doit s'attendre dans le cas de la fracturation normale associée aux failles. Même si plusieurs fissures peuvent demeurer fermées, il semble inévitable que la majorité d'entre elles soient ouvertes. Cette situation résulterait fort probablement du mouvement d'un mur par rapport à l'autre dans le plan d'une fracture irrégulière.

Les caractéristiques générales des veines d'amiante énumérées précédemment suggèrent que le remplissage de fractures ait pris place. Par endroits, de petites irrégularités incomparables dans les murs et la présence, dans les bordures de la veine, de ce qui semble être des vestiges des structures de la roche encaissante indiquerait qu'il y a eu une certaine croissance aux dépens des murs. Il semble donc probable que les deux processus aient été impliqués et que l'un ou l'autre prédomine dans une veine donnée.

Une des caractéristiques les plus courantes dans les veines d'amiante est qu'elles sont dans bien des cas composées à la fois d'amiante et de picrolite rubanée ou massive. Localement, ces relations sont progressives. Les veines formées d'amiante pure ne se terminent pas nécessairement en lentilles; elles se perdent plutôt dans un mélange intime des deux matériels de veine. Où l'amiante n'occupe pas toute l'intervalle entre les murs de la veine, la veine d'amiante peut être fort irrégulière. Ces conditions et ces relations posent un des problèmes les plus épineux à ceux qui ont la tâche de faire l'évaluation de la teneur en amiante d'une roche serpentinisée dans des carottes de forage renfermant des veines.

The theory which postulates the formation of asbestos exclusively beyond the walls of the fissure would require that the fissure was never open, or, at least, that the opening was only microscopic. Again, this is contrary to what might be expected in the case of normal fracturing associated with faulting. Although many fissures might remain closed, it seems inevitable that the majority would produce openings. This situation would almost certainly develop as a result of movement of one wall in relation to the other in the plane of an irregular fracture.

The general characteristics of the asbestos veins, enumerated above, suggest that fissure-filling has occurred. In places, minor unmatched irregularities in the walls and the presence, in the vein margins, of what appears to be relict wall rock structures, would indicate that there has been some growth at the expense of the walls. It seems probable, therefore, that both processes have been involved and that one or the other may predominate in any particular vein.

One of the commonest characteristics of the asbestos veins is that, in many places, they are composed of both asbestos and banded or massive picrolite. Locally, these relations are gradational. Pure asbestos veins do not necessarily lens out, but rather fade out into an intimate mixture of the two vein materials. Where asbestos does not occupy the entire space between the vein walls, the asbestos vein, itself, may be extremely irregular in outline. These conditions and relationships pose one of the most difficult problems to those confronted with the task of assessing the asbestos content of a serpentinized rock in vein-bearing drill core.

D'après leurs caractères et leurs relations, il est évident que les veines d'amiante représentent le dernier produit de la serpentinisation et que, dans la majorité des cas, le chrysotile s'est formé postérieurement à tous les réajustements associés à ce processus. Vu que l'amiante passe progressivement à la picrolite rubanée et en bâtonnets et qu'elle en renferme des enclaves, on peut présumer que ces deux minéraux sont plus ou moins contemporains.

It is evident, from the character and relationships of the asbestos veins, that these veins are the latest product of serpentinization and that the asbestos was formed, for the most part, after all of the adjustments associated with this process had been completed. In view of the fact that asbestos grades into the banded and columnar picrolite and contains inclusions of it, the two might be presumed to be more or less contemporaneous.

GENESE DE L'AMIANTE

GENESIS OF ASBESTOS

SOURCE DU MATERIEL DE VEINE

SOURCE OF VEIN MATERIAL

La relation entre la largeur de la bordure serpentinisée de la veine et l'épaisseur de la veine de serpentine suggère que le matériel de veine ait été dérivé de la roche encaissante. Le fait que la composition des veines de picrolite et d'amiante reflète habituellement la composition de la roche encaissante appuie également l'interprétation voulant que le matériel de veine ait été en majeure partie dérivé des murs adjacents. Ceci est particulièrement remarquable dans les fibres rudes, vert foncé à brun foncé, que l'on observe dans les auréoles serpentinisées en bordure des masses felsiques, où le contenu en fer est anormalement élevé. La diminution graduelle des minéraux de serpentine et l'augmentation du contenu en quartz dans les veines qui pénètrent à l'intérieur des masses felsiques sont également considérées comme des indices de l'influence des roches encaissantes voisines comme source de matériel ayant servi à remplir les veines.

The relationship between breadth of serpentinized vein margin and width of serpentine vein suggests that the vein material was probably derived from the wall rock. That the vein material has largely been derived from the immediate walls is borne out by the fact that the composition of the picrolite and asbestos veins usually reflects the wall rock composition. This is particularly noticeable in the harsh, dark green to dark brown fibres that are found in the serpentinized aureoles adjacent to the felsic masses, where the iron content is abnormally high. The gradual decrease in serpentine minerals and the increasing quartz content, in the veins which enter felsic bodies, also bear evidence to the influence of the immediate wall rocks as a source of the material for the vein filling.

Le processus de serpentinisation de la roche encaissante immédiatement adjacente à la fissure a évidemment impliqué des avancées successives de remplacement par du matériel colloïdal. Le retrait de la magnésie et de la silice a accompagné ce procédé et le matériel ainsi enlevé s'est accumulé dans les fissures et, pendant les stades finals, fut déposé dans des veines sous forme de matériel de remplissage. La capacité de transport des solutions était faible dans le cas de la magnésie. Ce fait est suggéré par une talcification locale des roches métasédimentaires quartzifères sur une zone étroite de quelques pouces au-delà du contact et par la présence de serpentine et de talc sur des largeurs un peu plus grandes dans les ardoises adjacentes. Dans les roches encaissantes au-delà du contact immédiat, où se trouvent de nombreuses grosses veines de quartz, l'altération en serpentine et en talc est de fait absente.

The process of serpentinization of the immediate wall rock of the fissure evidently involved successive advancing waves of replacement by colloidal material. Removal of magnesia and silica accompanied this process and the removed material accumulated in the fissures and, in the final stages, was deposited to form an amorphous vein-filling. The transporting power of the solutions was weak in the case of magnesia. This fact is suggested by local talcification of the adjacent quartzitic metasedimentary rocks over a narrow zone of a few inches beyond the contact and by the presence of serpentine and talc over somewhat greater widths in the adjacent slates. In the country rocks beyond the immediate contact, where numerous large quartz veins are present, serpentine and talc alteration is virtually absent.

CHRYSOTILE PICROLITIQUE

La phase initiale de développement de la serpentine amorphe en veines implique la croissance des fibres transversales dans des bandes individuelles de la partie rubanée et progressivement à travers toutes ou certaines bandes. L'inclinaison de ces fibres par rapport au plan de la veine est la même de chaque côté de la veine dans la partie rubanée et leur développement fut sans doute influencé par la direction prédominante des contraintes dans le matériel solide de la veine et dans la roche encaissante durant la cristallisation. Les faibles composantes de la contrainte parallèles au plan de la veine seraient responsables de la déviation de l'inclinaison des fibres d'une bande à l'autre, ou au sein d'une même bande.

PICROLITIC CHRYSOTILE

The initial stage of development of the amorphous vein serpentine involved the growth of cross fibres within individual layers of the banded portions, and progressively across all or some of the layers. The inclination of these fibres to the plane of the vein is the same in the banded portions on either side of the vein and their growth was no doubt influenced by the prevailing direction of stress in the solid vein material and wall rocks during crystallization. Weak components of stress parallel to the plane of the vein would account for the deviation of fibre inclination from layer to layer, or within any given layer.

Le développement de minéraux fibreux dans les parties remplies de la veine a pu se produire en même temps que celui des partie rubanées. Les fibres ne traversent toutefois pas la limite entre la partie rubanée et la partie remplie de la veine; cette limite demeure plutôt un plan de discontinuité bien distinct. Ou l'orientation des fibres de la partie remplie de la veine accuse une inclinaison différente de celle des fibres des bordures, la fracture s'est probablement ouverte postérieurement à la cristallisation des minéraux fibreux dans les murs, la direction de la contrainte ayant été quelque peu modifiée avant le développement des fibres dans le matériel de remplissage.

Development of fibrous material in the filled-fissure portion of a vein may have occurred at the same time as that in the banded portion. However, the fibres do not extend across the boundary between the banded and filled-fissure portions, which remains as a distinct plane of discontinuity. Where the orientation of the fibres in the 'filled' portion of a vein has a different inclination than that of the fibres in the margins, the fracture probably opened after crystallization of fibrous material had occurred in the walls, the direction of stress having changed somewhat prior to fibrous development in the fracture-filling.

Durant la cristallisation, les efforts de cisaillement le long d'une veine ont donné lieu à la formation de masses confuses et tordues de fibres reposant à peu près parallèlement au plan de la veine. Ce développement tardif s'est produit sur un côté, au centre, ou à plusieurs endroits dans la veine. D'autre part, des petits cisaillements ont engendré la croissance de fibres parallèles à ces plans de cisaillement qui tendaient à séparer la veine en une série de lentilles chevauchantes de fibres de picrolite longitudinales et transversales.

During crystallization, shearing stresses along a vein resulted in the formation of confused and twisted masses of fibres lying roughly parallel to the plane of the vein. This latter development occurs along one margin, at the center, or in several portions of the vein. Alternatively, small oblique shears have given rise to the growth of fibres parallel to these shear planes, which have tended to split the vein up into a series of overlapping lenses of slip and cross-fibre picrolite.

Le retrait du fer a pris place pendant la cristallisation de la serpentine dans la roche encaissante amorphe et rubanée et dans le remplissage de fissures. La tendance qu'a la magnétite d'occuper le centre de la veine suggère que, dans la majorité des cas, les fibres de remplissage ont crû vers l'intérieur à partir des murs originaux de la fissure. La concentration de manétite dans la roche encaissante en dehors de la partie rubanée suggère que, dans ce cas, le fer a été extrait durant la transformation de la roche encaissante en colloïde ou pendant le développement du matériel fibreux.

Removal of iron took place during crystallization of the serpentine in the amorphous, banded wall rock and in the fissure-filling. The tendency of magnetite to occupy the centre of the vein would suggest that, in most cases, the fibres of the filling grew inward from the original fissure walls. The concentration of magnetite in the wall rock, beyond the banded portion, would suggest that the iron, in this case, was driven out either during the conversion of wall rock to a colloid or during the development of fibrous material.

AMIANTE

Le stade final de la cristallisation de la serpentine a permis la conversion de la picrolite en amiante, ce qui implique la croissance des fibres déjà existantes à travers la largeur totale ou une partie de la veine. De menues crénelures se trouvent en bordure de plusieurs grosses veines d'amiante et sur une bonne portion de la largeur des petites veines (figs. 33 et 34), lorsque observées en section polie ou sous un étroit rayon de lumière; elles résultent probablement de faibles changements dans l'orientation du matériel fibreux original dans les parties adjacentes de la roche encaissante. La formation des fibres longitudinales d'amiante à partir de la picrolite développée initialement à l'aide des efforts de cisaillement a pu avoir pris place en même temps et de la même manière que la formation des fibres transversales d'amiante.

La formation de l'amiante selon ces stades serait compatible avec l'absence quasi totale des relations de recoupement entre les veines d'amiante ou de tout mouvement significatif postérieurement à la formation de ces veines, bien qu'il y ait certainement eu des stades successifs de fracturation et de remplissage de fractures. Le remplissage initial par la serpentine amorphe aurait révélé ces conditions, mais la croissance de fibres d'une forme ou d'une autre, durant un ou plusieurs stades, a contribué à masquer ces relations de recoupement.

ASBESTOS

The final stage of crystallization of serpentine permitted the conversion of picrolite to asbestos, which involved the growth of existing fibres across the full width or part of the vein. Minute corrugations are found at the margins of numerous larger asbestos veins and over much of the widths of smaller veins (Figs. 33 and 34), when observed in polished section or under a narrow beam of light; they are believed to be the result of slight changes in the orientation of the original fibrous material in adjacent layers of the wall rock. The formation of slip-fibre asbestos from picrolite, originally developed through shear stresses, could have taken place at the same time and in the same manner as the formation of cross-fibre asbestos.

The formation of asbestos through these stages would be compatible with the almost total absence of cross-cutting relations between asbestos veins or of any post-vein movements of significance, though, obviously, successive stages of fracturing and fracture-fillings almost certainly occurred. The initial fillings of amorphous serpentine would have revealed these conditions, but fibrous growth in one form or another, during one or more stages, has succeeded in masking these cross-cutting features.

FIGURE 33 - Veines de fibres transversales d'amiante intercalées de picrolite.
Cross-fibre asbestos veins with picrolite interlayered.

Il est à espérer que d'autres travaux, semblables à ceux déjà effectués par Yada (1967) au microscope électronique, contribueront à établir les différences fondamentales entre la chrysotile picrolitique et l'amiante chrysotile que la diffraction aux rayons-X n'arrive pas à discerner. Ces différences pourraient ensuite aider à expliquer les raisons pour lesquelles seule la picrolite est présente, ou pourquoi elle n'est que partiellement convertie en chrysotile. L'incidence de veines de picrolite rubanée et en bâtonnets augmente normalement vers la périphérie d'un gîte d'amiante. Il semble donc que certaines différences physicochimiques aient existées entre le centre d'une masse de minerai et ses bordures extérieures.

It is hoped that further work, such as has already been done with the electron microscope (Yada, 1967), will assist in revealing the basic differences between picrolitic chrysotile and chrysotile asbestos that X-ray diffraction has failed to achieve. These differences may then help explain the reasons why only picrolite occurs, or why it is incompletely converted to chrysotile. Normally, the incidence of banded to columnar picrolite veins increases towards the margins of an asbestos deposit. Thus it would seem that certain physicochemical differences must have existed between the center of an ore body and its outer limits.

FIGURE 34 - côté opposé et poli de l'échantillon de la figure 33 mettant en évidence le rubanement délicat dans l'amiante (pâle) et la picrolite (foncée); à gauche de l'échantillon (gris moucheté), la serpentine encaissante est accompagnée de magnétite.
Reverse side of specimen shown in figure 33 polished to display delicate banding in both asbestos (light colour) and picrolite (dark); left side (speckled grey) is wall rock serpentine with magnetite.

TAB. 1 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES GISEMENTS D'AMIANTE DU SUD-EST QUEBECOIS

PREDOMINANT CHARACTERISTICS OF THE ASBESTOS DEPOSITS OF SOUTHEASTERN QUEBEC

GISEMENTS / *DEPOSITS*	Types de roches / *Rock types*			Serpentinisation / *Serpentinisation*		Dimension du gisement / *Size of deposit*			Structures des veines / *Vein structures*			Fibres / *Fibres*								
	Encaissante / *Host rock*		Autres / *Others*									Type / *Type*		Longueur / *Length*			Caractère / *Character*			
	Péridotite/*Peridotite* Dunite/*Dunite*		Amphibolite/*Amphibolite* Dunite/*Dunite* Roches felsiques/*Felsic rocks*			Partielle/*Partial*	Complète/*Complete*	Grande/*Large*	Moyenne/*Medium*	Petite/*Small*	Stockwerk/*Stockwork*	Rubanées/*Ribbon*	Cisaillées/*Shear*	Transversales/*Cross*	Longitudinales/*Slip*	Longues / *Long*	Moyennes/*Medium*	Courtes/*Short*	Semi-rudes/*Semi-harsh*	Semi-rudes à soyeuses *Semi-harsh to silky*	Soyeuses à douces *Silky to soft*	Soyeuses/*Silky*
Beaver	X			X	X		X	X			X		X	X	X	X	X			X	
Bell King	X			X	X		X	X			X		X	X	X	X	X			X	
British Canadian	X			X	X	X		X			X			X	X	X	X	X			
Carey	X						X	X					X		X		X	X			X
Flintkote	X		X				X			X	X		X	X	X		X	X			X
Jeffrey	X		X	X	X	X		X			X		X	X	X	X	X		X		
Lake	X	X		X	X	X		X			X			X	X	X	X	X			
National	X			X			X	X			X			X	X		X	X		X	
Nicolet	X						X			X	X			X			X	X		X	
Normandie	X		X	X	X	X		X			X	X		X		X	X	X			
Penhale	X		X	X	X	X		X			X	X		X		X	X	X			
Vimy Ridge	X		X	X	X	X			X		X	X		X		X	X	X			
Edith	X			X	X	X				X	X			X		X	X	X			
Federal	X						X			X			X		X		X	X			X
Fraser	X						X			X	X		X	X	X		X	X			X
Pennington	X						X			X	X		X	X	X		X	X			X
Poudrier	X			X	X	X				X	X			X		X	X	X			
Quebec Asbestos	X						X			X	X		X	X	X		X	X			X

TAB. 2 - DISTRIBUTION DES FIBRES SELON LA LONGUEUR (GROUPE DE FIBRES), EXPRIMEE EN POURCENTAGE DE LA PRODUCTION ACTUELLE POUR CHAQUE REGION
DISTRIBUTION OF FIBRES ACCORDING TO LENGTH (FIBRE GROUP), EXPRESSED AS A PERCENTAGE OF CURRENT PRODUCTION FROM EACH AREA.

Groupe de fibres *Fibre group*	Secteur nord-est *Northeast sector*	Secteur central/*Central sector*			Secteur sud-ouest *Southwest sector*
		Thetford Mines	Black Lake	Vimy Ridge	
	%	%	%	%	%
3	0.35	4.95	2.3	5.9	0.5
4	3.2	17.8	42.5	33.4	26.3
5	6.0	34.1	20.3	29.5	8.1
6	9.65	16.1	8.9	19.4	19.5
7D	1.6	15.8	8.4	4.3	14.2
7	79.2	11.2	17.6	7.3	31.5
	100.00	99.95	100.0	99.8	100.1
% de la production totale/% *of total production*	5.5	17.5	21.7	10.3	45.0

BIBLIOGRAPHIE/BIBLIOGRAPHY

ALLEN, C.C., GILL, J.C., KOSKI, J.S., 1956 - The Jeffrey Mine of Canadian Johns-Manville Company Limited; The Geology of Canadian Industrial Mineral Deposits; 6th Commonwealth Mining and Metallurgical Cong., p. 27-36.

ANHAEUSSER, C.R., 1974 - The Nature of Chrysotile Asbestos Occurrences in Southern Africa; Econ. Geol. Unit of Witswatersrand Univ., Inf. Circ. 90.

AUMENTO, F., 1970 - Serpentine Mineralogy of Ultrabasic Intrusions in Canada and on the Mid-Atlantic Ridge; Geol. Surv. of Canada, Paper 69-53.

BADOLLET, M.S., FAESSLER, C., 1947 - The Epigenesis of the Minerals and Rocks of the Serpentine Belt, Eastern Townships, Québec; Can. Mining Jour., Vol. 67, p. 157-167.

BAIN, G.W., 1934 - Serpentinization: Origin of Certain Asbestos and Soapstone Deposits; Econ. Geol., Vol. 29, p. 397-400.

BAIN, G.W., KEITH, S.B., 1932 - Chrysotile Asbestos; Econ. Geol., Vol. 27, p. 169-188, p. 281-296.

1951 - Asbestos, A mineral of Unparalleled Properties; Can. Inst. Min. Met. Bull. 44, p. 237-246.

BILJON, W.J. van 1964 - The Chrysotile Deposits of the Eastern Transvaal and Swaziland; The Geology of some Ore Deposits in Southern Africa, Vol. II, G.S.S.A. p. 625-669.

BOWEN, N.L., 1935 - The System MgO-FeO-SiO_2; Amer. Jour. Sci. (5), 29, p. 151-217.

BOWEN, N.L., TUTTLE, O.F., 1949 - The System MgO-SiO_2-H_2O; Geol. Soc. Amer. Bull. 60, p. 439-460.

BOURASSA, P.J., 1956 - The Asbestos Mine of Nicolet Asbestos Mines Ltd.; The Geol. Can. Industrial Mineral Deposits, 6th CMM Cong., p. 26-27.

CADY, W.M., ALBEE, A.L., CHIDESTER, A.H., 1963 - Bedrock Geology and Asbestos Deposits of the Upper Missisquoi Valley and Vicinity, Vermont; U.S.G.S. Bull. 1122-B.

CHIDESTER, A.H., CADY, W.M., 1972 - Origin and Emplacement of Alpine-Type Ultramafic Rocks; Natural Physical Science, Vol. 240, No. 98, p. 27-31.

CIRKEL, F., 1910 - Chrysotile Asbestos, Its Occurrence, Exploitation, Milling and Uses; Min. Mines Can., Mines Br. Pub. 59.

COLEMAN, R.G., 1971 - Petrologic and Geophysical Nature of Serpentines; Geol. Soc. America Bull., Vol. 82, p. 897-918.

COOKE, H.C., 1937 - Thetford, Disraeli, and Eastern Half of Warwick Map-Areas, Quebec; Geol. Survey of Canada, Mem. 211.

De, ANIRUDDHA 1961 - Petrology of Dykes Emplaced in the Ultramafic Rocks of Southeastern Quebec; PhD. Thesis, Princeton University.

DENIS, B.T., 1930 - Gisements d'amiante dans le sud du Québec; Rap. du Ministre des Mines du Québec, Rapp. annuel, partie D, p. 167-215.
Asbestos Occurrences in Southern Québec, Report of the Minister of Mines, Québec, Annual Report, part D, p. 147-194.

DRESSER, J.A., 1913 - Preliminary Report on the Serpentine and Associated Rocks of Southern Quebec; Comm. Geol. Can., Mem. 22.

FAUST, G.T., FAHEY, J.J., 1962 - The Serpentine - Group Minerals; U.S.G.S. Prof. Paper 384-A.

GABRIELSE, H., 1960 - The Genesis of Chrysotile Asbestos in the Cassiar Asbestos Deposit, Northern British Columbia, Econ. Geol., Vol. 55, p. 327-338.

GRAHAM, R.P.D., 1944 - La zone de serpentine, Cantons de l'Est; dans Dresser, J.A. et Denis, T.C.; La Géologie de Québec; Min. Mines du Québec, R.G. 20, Vol. II, p. 489-531.
The serpentine belt, Eastern townships; in Dresser, J.A. and Denis, T.C.; Geology of Quebec, Quebec Dept. of Mines, G.R. 20, Vol. II, p. 412-444.

GRUBB, P.L.C., 1962 - Serpentinization and Chrysotile Formation in the Matheson Ultrabasic Belt, Northern Ontario; Econ. Geol., Vol. 57, p. 1228-1246.

HARVIE, R., 1923 - Thetford Map-Area; Geol. Survey of Canada, unpublished report.

HENDRY, N.W., CONN, H.K., 1956 - The Ontario Asbestos Properties of Canadian Johns-Manville Company Limited; Geology of Canadian Industrial Mineral Deposits, 6th CMM Cong., p. 36-45.

HUGGINS, C.W., 1959 - Electron Micrographs of Asbestiform Minerals; U.S. Dept. Interior, Bureau of Mines Report 5551.

KEEP, F.E., 1929 - Geology of the Shabani Mineral Belt, Belingwe District; Geol. Surv. S. Rhod., Bull. 12.

KNOX, J.K., 1916 - Southwestern Part of Thetford-Black Lake Mining District; Geol. Survey of Canada, Sum. Rept., p. 229-245.

LALIBERTE, R., 1972 - The Jeffrey Mine, Asbestos Quebec; Assoc. Mines Amiante Qué., Geol. Guide to the Asbestos Mining Region of Southeastern Quebec, p. 19-26.

LAMARCHE, R.Y., 1972 - Ophiolites of Southern Quebec; Can. Contribution No. 5 to the Geodynamics Project, p. 65-69.

1973 - Géologie du complexe ophiolitique d'Asbestos du sud québécois; Min. Rich. nat. du Québec, GM 28558.

LAUBSCHER, D.H., 1964 - The Occurrence and Origin of Chrysotile Asbestos and Associated Rocks, Shabani, Southern Rhodesia; The Geology of some Ore Deposits in Southern Africa, Vol. II, G.S.S.A., p. 593-624.

MARENKOV, B.Y., 1958 - The Genesis of Chrysotile Asbestos; Trans. Inst. Geol., Ore Deposits, Petrography and Geochemistry, Academy of Sciences of the U.S.S.R., Vol. 22.

MASER, M., RICE, F.V., KLUG, H.P., 1960 - Chrysotile Morphology; Amer. Mineralogist, Vol. 45, p. 680-688.

MERRILL, R.J., 1951 - The Carey-Canadian Asbestos Deposit; The Geology of Canadian Industrial Mineral Deposits, 6th CMM Cong., p. 45-49.

PAGE, N.J., 1968 - Chemical Differences Among the Serpentine Polymorphs; Amer. Mineralogist, Vol. 53, p. 201-215.

POOLE, W.H., 1963 - Age Determinations; Geol. Survey of Canada, Paper 63-17, pt. 1, p. 78-79.

PROUD, J.S., OSBORNE, G.D., 1952 - Stress Environment in the Genesis of Chrysotile, with Special Reference to the Occurrence at Woodsreef, near Barraba, New South Wales; Econ. Geol., Vol. 47, p. 13-23.

RIORDON, P.H., 1953 - Geology of the Thetford-Black Lake District of Quebec; with particular reference to the Asbestos Deposits; Québec Dept. of Mines, unpublished report.

1954 - Région de Thetford Mines-Black Lake, comtés de Frontenac, Mégantic et Wolfe; Min. des Mines du Québec, R.P. 295.
Thetford Mines-Black Lake area, Frontenac, Mégantic and Wolfe counties; Québec Dept. of Mines, P.R. 295.

1955 - The Genesis of Asbestos in Ultrabasic Rocks; Econ. Geol., Vol. 50, p. 67-81.

1956 - The Asbestos Belt of Southeastern Quebec; The Geology of Canadian Industrial Mineral Deposits, 6th CMM Cong., p. 3-26.

1957 - The Structural Environment of the Thetford-Black Lake Asbestos Deposits; Geol. Assoc. Canada, Proceedings, Vol. 9, p. 83-93.

ROSS, J.G., 1931 - Chrysotile Asbestos in Canada; Dept. Mines Can., Mines Branch, Pub. 707, p. 146.

SHAND, S.J., 1947 - Eruptive Rocks; John Wiley & Sons.

SOKOLOV, L.A., 1960 - Petrography of the Rocks in the Area of the Bazanov Deposit of Chrysotile Asbestos and Several Problems of Metamorphism in these Rocks; Trans. Inst. Geol., Ore Deposits, Petrography and Geochemistry, Academy of Sciences of the U.S.S.R., Vol. 47, p. 3-42.

SUZUKI, J., SUZUKI, Y., 1959 - Petrological Study of the Kamnikotan Metamorphic Complex in Hokkaido, Japan; Jour. Sciences Faculty, Hokkaido Univ. Vol. 10, p. 349-446.

TABER, S., 1924 - The Origin of Veins of Fibrous Minerals; Econ. Geol., Vol. 19, p. 475-486.

TATARINOV, P.M., ARTEMOV, B.R., 1967 - Chrysotile Asbestos Deposits of the U.S.S.R.; Department of Geology, U.S.S.R.

TIPHANE, M., 1973 - L'amiante au Québec; Min. Rich. nat. du Québec, E.S. 14.

WHITTAKER, E.J.W., 1956 - The Structure of Chrysotile II, Clino-Chrysotile, III, Ortho-Chrysotile, IV, Para-Chrysotile, Acta Cryst., Vol. 9, p. 855-867.

WHITTAKER, E.J.W., WICKS, F.J., 1970 - Chemical Differences Among the Serpentine "Polymorphs", A Discussion; Amer. Minera., Vol. 55, p. 1025-1047.

WILLIAMS, H., KENNEDY, M.J., NEALE, E.R.W., 1972 - The Appalachian Structural Province; Variations in Tectonic Styles in Canada, Geol. Assoc. of Canada Spec. Paper 11, p. 181-261.

YADA, K., 1967 - Study of Chrysotile Asbestos by a High Resolution Electron Microscope; Acta Cryst., Vol. 23, p. 704-707.

YADA, K, IISHI, K, 1975 - Microstructure of Synthetic Chrysotile and Lizardite by Lattice Imaging Method; 3th International Conference on Physics and Chemistry of Asbestos Minerals.

PRÉPARÉ PAR LE SERVICE DE REVISION TECHNIQUE POUR:
L'ÉDITEUR OFFICIEL DU QUÉBEC